

**ENDOGENE N-VERLUSTE ÜBER DEN HAUTSCHLEIM
VON REGENBOGENFORELLEN (S. GAIRDNERI R.)**

ILSE BLACK

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Gesch. Vorst.: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. J. Gropp

**ENDOGENE N-VERLUSTE ÜBER DEN HAUTSCHLEIM
VON REGENBOGENFORELLEN (S. GAIRDNERI R.)**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Ilse Black
aus Ft. Benning, Ga.
U.S.A.

München 1986

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan:

Prof. Dr. H. Zucker

Referent:

Prof. Dr. J. Gropp

Korreferent:

Prof. Dr. Dr. habil R. Hoffmann

Tag der Promotion:

25 Juli 1986

Herstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München

DEDICATED TO
MY
PARENTS

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	2
2.1. VORKOMMEN UND STRUKTUR VON SCHLEIMZELLEN	4
2.1.1. Die eigentliche Schleimzelle	4
2.1.2. Ionozyten	7
2.1.3. Beeinflussende Faktoren	8
2.1.3.1. Alter	8
2.1.3.2. Geschlechtsreife	9
2.1.4. Schleimzellen im Recessus Olfactorius	10
2.2. ZUSAMMENSETZUNG VON FISCHSCHLEIM	11
2.2.1. Protein und Kohlenhydrate	11
2.2.2. Lipide	16
2.2.3. Elektrolyte	18
2.3. FUNKTIONEN VON FISCHSCHLEIM	19
2.3.1. Viskosität	19
2.3.2. Wasserundurchlässigkeit	20
2.3.3. Osmoregulation	21
2.3.4. Immunaktivität	24
2.3.4.1. Schutz vor Infektionen	26
2.3.5. Schleim als Futtermittel	27
2.4. ERHÖHTE SEKRETION	28
2.4.1. Wassertemperatur	28
2.4.2. Salzgehalt des Wassers	30
2.4.3. Streß	33
2.4.4. Schwermetalle	36
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	38
3.1. VERSUCHSZIEL	38
3.2. MATERIAL UND METHODEN	38
3.3. EXPERIMENT I	41

3.4.	EXPERIMENT II	41
3.5.	EXPERIMENT III	42
3.6.	EXPERIMENT IV	42
3.7.	EXPERIMENT V	42
3.8.	EXPERIMENT VI	42
3.9.	EXPERIMENT VII	43
4.	ERGEBNISSE	44
4.1.	ERGEBNISSE VON EXPERIMENT I	44
4.2.	ERGEBNISSE VON DEN EXPERIMENTEN II, III UND IV	45
4.3.	ERGEBNISSE VON DEN EXPERIMENTEN V, VI UND VII	48
5.	DISKUSSION	51
5.1.	ROHPROTEIN IM HAUTSCHLEIM	51
5.2.	SCHLEIMPRODUKTION	52
5.3.	N-AUSSCHIEDUNG UNTER PHYSIOLOGISCHEN BEDIN- GUNGEN	53
5.4.	N-AUSSCHIEDUNG UNTER STRESS	54
5.5.	ZUR GRÖSSENORDNUNG ENDOGENER HAUTSCHLEIM- VERLUSTE	57
6.	ZUSAMMENFASSUNG	58
6.1.	SUMMARY	59
7.	LITERATURVERZEICHNIS	60
8.	ANHANG	99

1. EINLEITUNG

Aus Fütterungsversuchen ist bekannt, daß Fische einen relativ hohen Proteinbedarf aufweisen. Der Proteingehalt des Fischkörpers bietet ebenso wie die Verdaulichkeit des Futterproteins keine Erklärungsmöglichkeit für diesen Befund. Endogene Verluste sind bisher noch nicht ausreichend studiert.

Zwischenzeitlich liegen keine Untersuchungen über die mit dem Fischschleim ausgeschiedenen Proteinnengen vor. Daher sollte bei Regenbogenforellen die quantitativ endogene Rohproteinmenge ($N \times 6,25$), die unter unterschiedlichen Versuchsbedingungen über den Schleim der Haut ausgeschieden wird, bestimmt werden.

2. LITERATURÜBERSICHT

Vor mehr als hundert Jahren hat LEYDIG (1851) als erster in seiner Arbeit über die Haut einiger Süßwasserfische den Begriff der "Schleimzellen" verwendet. Später erkannte SCHULTZE (1861), daß es zwei Sorten schleimproduzierender Zellen gab - Becherzellen und Kolbenzellen. Zahlreiche Folgearbeiten des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts (LEYDIG, 1879, 1895; LIST, 1885, 1889; REID, 1894; OXNER, 1905; KANN, 1926; AUST, 1936; UHLICH, 1937; siehe Übersichtsarbeit von VAN OOSTEN, 1957) befaßten sich mit diesem Problem.

Seither sind viele histologische licht- und elektronenmikroskopische sowie histochemische Untersuchungen über Knochenfischhaut durchgeführt worden (FREEMAN, 1962; HENDRICKSON und MATOLTSY, 1968a, 1968b, 1968c; KITZAN und SWEENEY, 1968; WHITEAR, 1970, 1971a, 1971b; BREMER, 1972; HAWKES, 1974; MITTAL et al., 1980; SAXENA, 1981; TREVISAN und PEDERZOLI, 1984), insbesondere wurde die Ultrastruktur der Fischhaut hinsichtlich ihrer spezifischen Bestandteile untersucht, so z.B. die gesamte Haut (MITTAL und MUNSHI, 1971), die Epidermis (DOWNING und NOVALES, 1971a, 1971b, 1971c), die Ionozyten (siehe Übersichtsarbeiten von CONTE, 1969, und HARA, 1982), Chromatophoren (siehe Übersichtsarbeit von FUJII, 1969).

Eine Besonderheit der Fischhaut sind die unterschiedlichen, zahlreichen unizellulären Drüsen, wie z.B. die Becherzellen, Kolbenzellen, Ionozyten und Körnerzellen (REID, 1894; HENDRICKSON und MATOLTSY, 1968).

Die am häufigsten in der Fischhaut vorkommende Drüsenzelle ist die Schleimzelle; sie wurde lichtmikroskopisch und histochemisch sehr ausführlich untersucht (MITTAL und MUNSHI, 1969; HARRIS et al., 1973; ALBANESE-CARMIGANI und ZACCONE, 1975; FLETCHER et al., 1976; PICKERING, 1976; GONA, 1971a, 1971b;

AGARWAL et al., 1979a, 1979b; BOLOGNANI-FANTIN et al., 1984; TREVISAN und PEDERZOLI, 1984). Die Kolbenzellen werden in ihrer Funktion als "Schreckstoffzellen", die unter physiologischen Bedingungen kein Sekret an die Oberfläche abgeben, in den Arbeiten von PFEIFFER (1960, 1963, 1965, 1977) ausführlich beschrieben.

Die Epidermis der meisten Knochenfische verhornt nicht (HENDRICKSON und MATOLTSY, 1968b; HARRIS und HUNT; 1975); allerdings haben einige Studien gezeigt, daß bei einigen wenigen Knochenfischen eine Verhornung der Haut möglich ist (TOZAWA, 1923; KAWAGUTI, 1966; WHILEY und COLLETTE, 1970; FISCHELSON, 1973; MITTAL und BANERJEE, 1974, 1975).

2.1. VORKOMMEN UND STRUKTUR VON SCHLEIMZELLEN

Die Organisation der Epidermis einiger Salmonidfischarten, so z.B. von *Salmo salar* (ROBERTS et al., 1970; HARRIS und HUNT, 1975a, 1975b), *Salmo trutta* (PICKERING, 1974; HARRIS und HUNT, 1975a, 1975b; PICKERING, 1977), *Salvelinus alpinus* (PICKERING, 1974; PICKERING und MACEY, 1977) und *Oncorhynchus kisutch* (HAWKES, 1974), wurde bereits untersucht und erschien relativ einheitlich strukturiert zu sein. Unterschiede zeigen sich eher von quantitativer als qualitativer Art an (JIMBO et al., 1963; ROBERTS et al., 1970; PICKERING, 1974; HARRIS und HUNT, 1975a, 1975b; PICKERING und MACEY, 1977).

2.1.1. Die eigentliche Schleimzelle

Im folgenden soll das bisher Bekannte hinsichtlich der Histologie der Schleimzellen der Salmonidfische kurz zusammengefaßt werden: Die Epidermis wird in eine Basal-, Mittel- und Oberflächenschicht eingeteilt. Die zur Mitose befähigten Basalzellen bilden die Keimschicht der Epidermis. Die Schleimzellen scheinen tief in der Epidermis zu entstehen und nehmen infolge einer Synthese von Schleimvesikeln, welche im Zytoplasma deponiert werden, fortlaufend an Größe zu. Die intrazelluläre Schleimbildung steht in engem Zusammenhang mit dem endoplasmatischen Reticulum und dem Golgiapparat.

Je peripherer die Schleimzellen in der Epidermis liegen, desto größer sind sie, was auf die sich erhöhende Zahl der Schleimvesikel zurückzuführen ist. Die einzelnen Schleimvesikel bewahren ihre Integrität bis sie die Epidermisoberfläche erreicht haben, dann allerdings bricht die Zellmembrane der reifen Schleimzellen auf, und der Zellinhalt wird freigesetzt.

Bei Kontakt mit Wasser entsteht dann der eigentliche epidermale Schleim.

DOWNING und NOVALES (1971) postulierten, daß die noch undifferenzierten Epidermalzellen die Fähigkeit besitzen, sich in

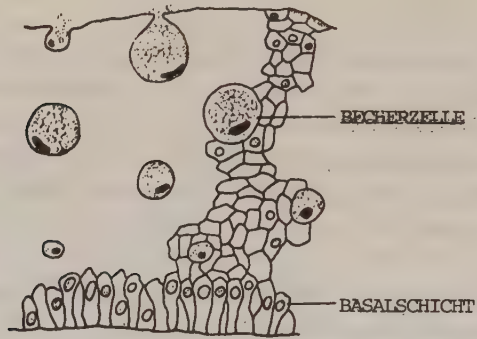
Schleimzellen oder Filamentzellen umzuwandeln. Diese bipotente Fähigkeit ist bei höheren Vertebraten schon lange bekannt (ZELICKSON, 1967).

Die äußere Hautschicht der Salmoniden scheint aus einem Sekret zu bestehen, welches ähnliche Konsistenz besitzt wie die Schleimzellen (HARRIS und HUNT, 1975b). Histochemische Analysen der Schleimzellen (HARRIS et al., 1973) sowie biochemische Analysen der Epithelialmucine (HARRIS und HUNT, 1973) haben gezeigt, daß beide eng miteinander verwandt sind.

Aus Untersuchungen von HARRIS und HUNT (1973) geht hervor, daß der schuppenlose Kopfbereich des Fisches verglichen mit den übrigen schuppentragenden Hautbezirken eine größere Anzahl an Schleimzellen beherbergt. Dies wurde von PICKERING (1974) bestätigt, der die höchste Schleimzellenzahl im anterioren Teil der Fischhaut fand; die geringste Anzahl ist auf den Flossen lokalisiert. Er postulierte, daß durch das Konzentrationsgefälle der Schleimzellen von anterior nach posterior eine gleichmäßige Schleimschicht über der gesamten Haut sichergestellt werde, da der Schleim während des Schwimmens von vorne nach hinten über den Körper wandert. Die anterioren Bezirke werden nach seinen Aussagen lediglich von den dort befindlichen Zellen mit Schleim versorgt und benötigen verglichen mit den posterioren Bereichen, welche ja auch Schleim von kranialen Regionen erhalten, eine höhere Konzentration an Schleimzellen.

Die relative Zahl der Schleimzellen und der Schuppen steht oft in umgekehrtem Verhältnis zueinander (VAN OOSTEN, 1957). Bei "nackten" bzw. schwach mit Schuppen besetzten Fischen ist die Schleimschicht oft dicker als bei Fischen, die stark beschuppt sind (LEWIS, 1970). Allerdings sind auch Ausnahmen bekannt, so z.B. der schuppenlose Wels, *Bagarius bagarius*, der nur über eine geringe Anzahl Schleimzellen verfügt (MITTAL und MUNSHI, 1970), und der Süßwasserlachs, der sowohl Schuppen als auch eine Vielzahl an Schleimzellen aufweist (HAWKES, 1974).

Abb. 1 HALB-SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER EPIDERMIS
VON SALMO TRUTTA
500-fache Vergrößerung



Nach PICKERING (1976)

2.1.2. Ionozyten

Man vermutet, daß Ionozyten durch Umwandlung von Schleimzellen entstehen (COPELAND, 1950, von OGAWA 1962 zitiert; NARASIMHAM und PARVATHESWARAO, 1974; SCHERDTFEGER und BREITER-HAHN, 1978).

Es ist bekannt, daß Ionozyten für die Osmoregulation in den Fischkiemen und Fischhaut wichtig sind (KEYS und WILMER, 1932; THREADGOLD und HOUSTON, 1961, 1964; CONTE, 1969; LEATHERLAND und LAM, 1969; BIERTHER, 1970; OGAWA, 1970; OLSON und FROMM, 1973; KARNAKY et al., 1976; SCHWERDTFEGER und BREITER-HAHN, 1978; NONNOTTE et al., 1979; MATEI und KHARAZOVA, 1983; RANKIN et al., 1983).

Ionozyten spielen beim Transport einwertiger Ionen wie K^+ , Na^+ und Cl^- (BALL, 1969) eine wichtige Rolle und sind nicht nur an der Salzexkretion (CONTE, 1969), sondern wahrscheinlich ebenso bei der Ionenaufnahme (PHILIPOTT und COPELAND, 1963; BIERTHER, 1970) beteiligt.

KEYS und WILMER (1932) haben als erste die Existenz von Ionozyten in den Kiemen von *Anguilla anguilla* L. erkannt und auf deren eventuelle Fähigkeit zur Chlorexkretion hingewiesen. Seit-her wurden Ionozyten in den Kiemen (MUNSHI, 1964; THREADGOLD und HOUSTON, 1964; MATTHEIJ und STROBAND, 1971; OLSON und FROMM, 1973; KARNAKY et al., 1976; MATEI und KHARAZOVA, 1983) und in der Haut unterschiedlicher Fische, wie z.B. bei der Sardinien-larve (LASKER und THREADGOLD, 1968), der Larve von *Pleuronectes platessa* L. (ROBERTS et al., 1973), *Anguilla anguilla* L. (LEONARD und SUMMERS, 1976), *Esox Americanus*. (MERRILEES, 1974), *Cichlasoma biocellatum* L. (MATTHEIJ und STROBAND, 1971) beim Süßwasserknochenfisch *Blennius pholis* L. (NONNOTTE et al., 1979; WHITEAR und MITTAL, 1984) und beim an Salzwasser adaptierten *Poecilia reticulata* (SCHWERDTFEGER und BREITER-HAHN, 1978) beschrieben.

2.1.3. Beeinflussende Faktoren

Veränderungen hinsichtlich der Struktur der Haut von Salmoniden stehen in Verbindung mit dem Alter, dem Geschlecht bzw. der Geschlechtsreife des Fisches (STOKOLOSOWA, 1966; PICKERING, 1977; BLACKSTOCK und PICKERING, 1982) und sind zum Teil einem saisonalen Rhythmus unterworfen (WILKINS und JANCSAR, 1979).

2.1.3.1. Alter

Die Anzahl der Schleimzellen kann innerhalb der Spezies in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter stark variieren (PICKERING, 1974).

Während des Anfangsstadiums der Fischentwicklung, d.h. wenn die Fische frisch geschlüpft sind, sich aber noch im Kies aufhalten, besitzt die Epidermis die Fähigkeit, reichlich Schleim zu bilden (STUART, 1953; PARRY, 1958). Die chemische Natur des Schleimsekretes scheint sich während der Entwicklung des Fisches zu ändern (PORCELLI und MASSARI, 1969; BLACKSTOCK und PICKERING, 1982; TREVISAN und PEDERZOLI, 1984). Bei "alevin *Salmo trutta*" ist die Anzahl der Hautschleimzellen in dem oben erwähnten frühen Entwicklungsstadium höher als in irgendeinem der folgenden Lebensstadien und reduziert sich bei Auswandern aus dem schützenden Kies um das Doppelte (BLACKSTOCK und PICKERING, 1982). Aus einer Studie von ROBERTS et al. (1973) über die Haut von der Scholle geht hervor, daß sich die Schleimproduktion während der Metamorphose von der Larve zum Fisch fortlaufend erhöht.

2.1.3.2. Geschlechtsreife

Es ist lange bekannt, daß die Hautdicke vieler Salmonidarten bei geschlechtsreifen Exemplaren größer ist als bei noch nicht herangereiften (GREENE; 1926; JENKINS, 1946; ROBERTS und WECHSLER, 1960; BERG, 1962).

Bei einigen Spezies, wie z.B. *Salmo trutta* (STOKLOSOWA, 1970; PICKERING, 1977) oder dem Königsachs (ROBERTSON und WEXLER, 1960) ist die Haut der männlichen Fische, insbesondere die der geschlechtsreifen, dicker als jene der weiblichen Tiere. Aachs und Forelle ähneln sich hinsichtlich saisonaler Veränderungen der Oberflächen-Schleimzellen; beim Aachs bestehen diese Veränderungen unabhängig von der Geschlechtsreife, bei der Forelle gehen sie mit der Laichzeit einher (WILKINS und JANCSAR, 1979).

PICKERING (1977) und PICKERING und CHRISTIE (1980) wiesen nach, daß die Konzentration der Oberflächen-Schleimzellen der Forelle starken jahreszeitlichen Schwankungen unterlag, und daß ein sogenannter sexueller Dimorphismus bestand (männliche und weibliche Tiere unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl der Hautschleimzellen in Abhängigkeit vom jeweiligen Zustand der Geschlechtsreife). Ein derartiger sexueller Dimorphismus war bei geschlechtsunreifen Forellen nicht festzustellen (STOKLOSOWA, 1966, 1970).

Während des Höhepunktes der Laichzeit (Dezember bis Januar) kommt es zu einer starken Verringerung der Schleimzellenkonzentration bei geschlechtsreifen männlichen Tieren, jedoch nicht bei weiblichen Tieren (PICKERING, 1974; PICKERING, 1977; PICKERING und CHRISTIE, 1980).

Bei einigen wandernden Salmoniden entstehen strukturelle Veränderungen der Epidermis, wenn die Fische aus hypertonen Gewässern ins hypo-osmotische Süßwasser wandern (PICKERING und RICHARDSON, 1980). Zu diesem Zeitpunkt steigt bei *Salmo salar* die Zahl der Schleimzellen (ROBERTS et al., 1970).

2.1.4. Schleimzellen im Recessus Olfactorius

In den letzten Jahren wurde die Feinstruktur des Recessus olfactorius einiger Fischarten untersucht (SCHULTE, 1972; BERTMAR, 1972a, 1972b; BREIPOHL et al., 1973; LAWRY, 1973; YAMAMOTO und UEDA, 1977). Die Ultrastruktur der Schleimzellen der olfaktorischen Lamellen ist mit jener der Haut identisch (YAMAMOTO, 1982).

Der Recessus olfactorius besitzt mehrere Lamellen, die mit Schleimzellen ausgestattet sind und dem Schutz des dünnen Epithels gegen Ein- und Ausströmen des Wassers dienen (NEGUS, 1963; JONES, 1971). Dieser Schleim ist durchlässig für die beim Fisch olfaktorisch wirksamen Moleküle (NEGUS, 1963).

Der Riechsinn spielt für das Verhalten der Salmoniden eine wichtige Rolle; es gibt ausreichend Beweise dafür, daß wandernde Lachse den Heimatfluß durch ihnen bekannte charakteristische Geruchsmarken wiederfinden (TRUJILLO-CENZO, 1961; UEDE, 1974; KAJI et al., 1975).

Fische können sich durch epidermale Sekrete verständigen (WREDE, 1932; VON FRISCH, 1938; PFEIFFER, 1977; SAGLIO und LE MARTRET, 1982), und man nimmt an, daß Fischschwärme auf chemische Reize angewiesen sind (KENNLEYSIDE, 1955; HEMMINGS, 1966; McFARLAND und MOSS, 1967; BROWN et al., 1970). WREDE (1932) beobachtete, daß der Schleim von *Phoxinus phoxinus* verwandte Fische anzog; mittlerweile konnten SAGLIO et al. (1982) die pheromonale Anziehungskraft des Schleimes beweisen. Obwohl die Substanzen, die für diese Erkennungsprozesse verantwortlich sind, noch nicht ermittelt werden konnten, haben elektrophysiologische und olfaktorische Studien gezeigt, daß sich gewisse Aminosäureverbindungen sehr stimulierend auf die Chemorezeptoren (CAPRIO, 1982; HARA, 1982) und das Verhalten (CARR, 1982; SAGLIO und BLANC, 1983) von unterschiedlichen Fischen auswirken.

2.2. ZUSAMMENSETZUNG VON FISCHSCHLEIM

2.2.1. Protein und Kohlenhydrate

Die Schleimsekretion mehrerer Fischarten enthält sowohl Protein- als auch Kohlenhydratanteile (WESSLER und WERNER, 1957; ENOMOTO et al., 1963; LEHTONEN et al., 1966; LEPPI, 1968; ASAKAWA, 1970) (s. Tab. 1). BREMER (1972) wies neutrale und saure Mucosubstanzen im Schleim von 50 Fischarten nach. Zahlreiche Wissenschaftler wiesen bei unterschiedlichen Fischarten Mucopolysaccharide nach, die überwiegend identische Zuckerkomponenten (Glucose, Galactose, Fucose, Ribose, Mannose, Glucosamin, Galactoseamin sowie Hexuronsäure) enthielten, unabhängig von den verschiedenen Lebensbedingungen (Süß- oder Salzwasser) und der zoologischen Zuordnung (Knochenfisch oder Knorpelfisch).

Die chemischen Analysen des Fischschleims (LEHTONEN et al., 1966; FLETCHER und GRANT, 1968, 1969; LEWIS, 1970; WOLD und SELSET, 1977) deuten darauf hin, daß der Fischschleim eine ähnliche Zusammensetzung wie der Schleim der Epithelzellen des Säugers (McCARTHY und REID, 1964; LAMB und REID, 1968) aufweist.

Untersuchungen haben gezeigt, daß die Schleimzellen der Epidermis sowie die Kiemen vieler Knochenfische Glycoproteine enthalten (ASAKAWA, 1970; BREMER, 1972; HARRIS et al., 1973; ALBANESE-CARMIGANI und ZACCONE, 1974; OJAH und MUNSHI, 1974; WOLD und SELSET, 1977). Nach HASHIMOTO und YOSHIMURA (1977) bilden die Glycoproteine den Hauptbestandteil des Fischschleimes.

"Sialinmucine" und "Sulphomucine" sind in Knochenfischepidermalschleimzellen weit verbreitet (WESSLER und WERNER, 1957; BREMER, 1972). So produziert z.B. die Epidermis von *Pleuronectes platessa* L. hauptsächlich "Sulphomucine" (FLETCHER et al., 1976). Die Epidermalschleimzellen von *Anguilla japonica* L. (ASAKAWA, 1970), *Malopterurus electricus* L. (ALBANESE-CARMIGA-

Tabelle 1: Relative Zuckerzusammensetzung (Hexosen + Pentosen + Methylpentosen) des äußeren Schleims einiger Fische durch Chromatographie nach Säurehydrolyse

Material	Galac- tose	Glu- cose	Man- nose	Fucose	Ribose
Äußerer Schleim von					
<i>Pleuronectes platessa</i>	++	+	(+)	+++	+
<i>Gadus callarias</i>	+		(+)	(+)	++
<i>Gadus merlangus</i>	+		(+)	(+)	++
<i>Anguilla vulgaris</i>	+		(+)		+
<i>Esox lucius</i>	++		+	(+)	+
<i>Raja sp.</i>	+++		++	++	+
<i>Myxine glutinosa</i>	+		?	?	(+)

Nach WESSLER und WERNER (1957)

NI und ZACCONE, 1974), *Salmo trutta* L. (HARRIS et al., 1973), *Salmo salar* L. (HARRIS und HUNT; 1973), *Salmo gairdneri* (FLETCHER et al., 1976) produzieren statt dessen hauptsächlich "Sialinmucine". N-acetylneuraminsäure wurde in *Salmo trutta* und *Salvelinus alpinus* (PICKERING, 1974) und in *Anguilla anguilla* (LEMOINE und OLIVEREAU, 1971) sowie N-acetylgalactoseamin und N-acetylglucoseamin in *Salmo alpinus* (WOLD und SELSET, 1977) nachgewiesen.

Schon 1914 konnten MÜLLER und REINBACH vier Aminosäuren (Arginin, Cystin, Histidin und Lasin) im Aalschleim nachweisen. Später wurden von WESSLER und WERNER (1957), HARRIS et al. (1973), ASAKAWA (1974) und FAUNCONNEAU und SAGLIO (1984) bis zu 17 verschiedene Aminosäuren (Tab. 2 und 3) in 16 verschiedenen Fischarten gefunden. Die Aminosäuren unterschieden sich lediglich bei Cystin und Methionin.

Das Aminosäuremuster des Fischeschleims schwankt innerhalb der verschiedenen Arten, allerdings wurden bei *Salmo salar* L. (HARRIS et al., 1973) und *Anguilla japonica* L. (ASAKAWA, 1974) große Mengen Asparaginsäure, Glutaminsäure, Serin und Threonin festgestellt.

Der Proteingehalt des Schleims betrug bei *Myxine glutinosa* 63 % (LEHTONEN et al., 1966), *Anguilla anguilla* L. 60 - 70 % (FAUNCONNEAU und SAGLIO, 1984) und bei *Salmo salar* 63 % (HARRIS et al., 1973).

Durch Fraktionierung haben HARRIS et al. (1973), ASAKAWA (1974) und WOLD et al. (1977) jeweils zwei Peaks mit Glycoproteinen nachgewiesen. HASHIMOTO und YOSHIMURA (1977) wiesen zwei Peaks mit fünf Glycoproteinen und ein Glycopeptid nach.

Tabelle 2: Zahl der Aminosäuren im Schleim

Autor(en) und Fischart		15	16	17
FAUCONNEAU und SAGLIO (1984)	<i>Anguilla anguilla</i> L.	X		
HASHIMOTO und YOSHI-MURA (1977)	<i>Allolepis hollandi</i>		X ¹⁾	
WESSLER und WERNER (1957)	²⁾		X	
HARRIS et al. (1973)	<i>Salmo salar</i> L.			X
ASAKAWA (1974)	<i>Anguilla japonica</i>			X ¹⁾
WOLD und SELSET (1977)	<i>Salmo alpinus</i> L.			X ¹⁾

1) in Glycoprotein

2) *Pleuronectes platessa*, *Gadus callarias*, *Gadus merlangus*, *Anguilla vulgaris*, *Exocoetis lucius*, *Raja* sp. und *Myxine glutinosa*

Tabelle 3: Aminosäurezusammensetzung im Protein des Aalschleimes mit einem Gewicht von ca. 100 g

	Nov.	Feb.	Mai
Schleim von 10 Fischen (g/gefroretrockneter Schleim) Proteingehalt (N x 6,25) (g/gefroretrockneter Schleim) Aminosäuregehalt (g/16g N)			
Asparginsäure	6,11	10,80	8,75
Threonin	9,88	7,90	6,85
Serin	5,19	4,00	3,44
Prolin	2,93	4,36	5,55
Glutaminsäure	12,96	13,48	13,75
Glycin	7,08	7,12	7,56
Alanin	4,60	4,72	4,61
Valin	5,15	5,08	6,40
Isoleucin	4,12	3,96	4,17
Leucin	7,23	7,35	7,44
Thyrosin	4,16	3,91	4,13
Phenylalanin	5,58	5,16	5,38
Lysin	8,33	8,66	8,23
Histidin	3,29	3,54	3,11
Arginine	6,64	6,90	6,68

Nach FAUCONNEAU (1977)

Abb. 2: Zusammenfassung der nachgewiesenen Mucobestandteile in Fischschleim

Autor(en)	Fisch	Bestandteile
BREMER (1952)	unterschiedliche Fischarten (n=50)	neutrale und saure Mucosubstanzen und eine Proteinfraction
WESSLER und WERNER (1957)	unterschiedliche Fischarten (n=14)	Sialinsäure
FLETCHER und GRANT (1968)	Pleuronectes platessa	Sialinsäure, eine sulphatierte Fraktion und NANA ¹⁾
HARRIS et al. (1973)	Salmo trutta	große Mengen von Sialinsäure enthaltende Glycoproteine und eine kleine sulphatierte Fraktion
HARRIS und HUNT (1973)	Salmo salar	Sialinsäure und sehr geringe Mengen von sulphatierten Estern
ALBANESE-CARMIGANI und ZACCONE (1974)	Malopterurus electricus	viele saure Mucopolysaccharide mit mehr Sialinsäure als sulphatierte Mucopolysaccharide
PICKERING (1974)	Salmo trutta und Salvelinus alpinus L.	Sialinsäure und NANA ¹⁾
FLETCHER et al. (1976)	Pleuronectes platessa L.	saure Glycoproteine, Sulphomucin
	Salmo gairdneri Richardson	saure Glycoproteine, Sialomucin
	Platichthys flesus L.	saure und neutrale Glycoproteine
WOLD und SELSET (1977)	Salmo alpinus L.	Sialinsäure
HASHIMOTO und YOSHIMURA (1977)	Allolepis hollandi	Sialinsäure, NANA ¹⁾
LOPEZ-VIDRIERO et al. (1980)	Pleuronectes platessa	sulphatierte Glycoproteine
SOLANKI und BENJAMIN (1982)	Pungitius pungitius	sulphatierte und sialierte Glycoproteine
ASAKAWA (1983)	Anguilla japonica	Sialinsäureglycoproteine N-Acetylneuraminyl-(α 2-6)-N-acetylgalactosamin
WHITEAR et al. (1984)	Blennius pholis L.	sulphatierte saure und neutrale Glycoproteine

1) NANA = N-acetylneuraminsäure

2.2.2. Lipide im Fischschleim

Im Jahre 1914 gelang es MÜLLER und REICHENBACH, ein Lipidge-misch, bestehend aus Cholesterin und mehreren Phosphatiden, im Aalschleim nachzuweisen.

LEWIS (1970) berichtete von einer großen Anzahl von Lipiden im cutanen Schleim von drei Fischarten (Hydrocarbone, Squa-lene, Sterol, Wachsester, Triglyceride, Cholesterin, Diglyce-ride, Monoglyceride, freie Fettsäuren und Phospholipide).

Neben 33 Proteinen wiesen LEBEDEVA und BURKALOW (1973) im Schleim von *Phoxinus phoxinus* drei Lipoproteine nach und iden-tifizierten darüber hinaus eine große Anzahl Isoformen der NAD-abhängigen Dehydrogenasen sowie Glutamatdehydrogenase, Amylase, Peroxidase und Katalase.

Im Schleim der Regenbogenforelle konnte WEISSENSTEINER (1981) ebenfalls Lipide nachweisen.

Für die relative Viskosität des Schleims und die damit verbun-dene Akkumulation auf der Hautoberfläche sowie seine Vertei-lung im Wasser scheint für eine Wechselbeziehung zwischen Phospholipiden und Glycoproteinen (LEWIS, 1970) oder die Exi-stenz verschiedener Mucopolysaccharide (LEBEDEVA und BURKALOW, 1973) verantwortlich zu sein.

Tabelle 4: Die Zusammensetzung der Fischschleimlipide in Gewicht % (Adsorption der freien Fettsäuren an einem Ionenaustauschresin und Säulenchromatographie)

Zusammensetzung	Meer- äusche	Wels	Menschli- che Haut- lipide b) Rücken
Hydrocarbone	0,9	0,6	1,4
Squalene	0,03	0,07	11,5
Sterol und Wachsester	3,9	1,2	23,8
Triglyceride	7,7	5,3	31,1
Cholesterin	13,0	13,1	4,2
Diglyceride	7,1	2,8	10,0
Monoglyceride	8,5	2,8	3,7
Freie Fettsäuren	10,5	9,8	14,1
Phospholipide	36,1	62,4	--
Gesamt	87,73	98,07	--

b) Durchschnitt von vier Personen
nach LEWIS (1970)

2.2.3. Elektrolyte

Bei der Untersuchung von Fischschleim stellten MUNZ und McFARLAND (1964) einen hohen Gehalt an Kationen, d.h. Ca^{++} , Mg^{++} und K^+ fest. Sie wiesen darauf hin, daß Schleim möglicherweise als Transportweg für die Eliminierung von Calcium, Magnesium und Kalium dient, im Sinne eines primitiven Ionenexkretionsmechanismus. Im Schleim der Ionozyten konnte BIERTHER (1970) einen hohen Gehalt an Na^+ und Cl^- nachweisen.

Die Epidermalschleimzellen sind wichtige Faktoren der Osmoregulation des Fisches, da sie möglicherweise die sogenannten "unversehrten Schichten" (DAINTY und HOUSE, 1966) des Schleims aufrechterhalten (MARSHALL, 1976). Diese "unversehrten Schichten" des Schleims könnten regulierend auf die Geschwindigkeit wirken, mit der manche Substanzen biologische Membranen passieren (DAINTY und HOUSE, 1966; WITTOUCK, 1975), sowie als Kationenaustausch dienen (MARSHALL, 1976). Man weiß, daß Schleim große Mengen an Sialinsäure (BOLOGNANI und BOLOGNANI-FANTIN, 1964; HARRIS und HUNT, 1973) und Sulphatglycoproteinen (PORCELLI und MASSARI, 1969; LOPEZ-VIDRIERO et al., 1980) enthält, welche bekanntlich stark geladen sind und Kationen anziehen (CLAMP et al., 1978). Durch einen derartigen Wirkungsmechanismus konnte Schleim negativ geladene Ionen abstoßen, jedoch positiv geladene passieren lassen (MARSHALL, 1976).

MARSHALL (1976) und NANNOTTE et al. (1979) wiesen aktiven Ionentransport durch die Fischhaut nach und postulierten eine mögliche Chlordexkretionspumpe in der Haut von salzwasseradaptierten Fischen. KIRSCHNER (1977) zog in Betracht, daß die Schleimschichten Kationen aus ionenarmem Süßwasser konzentrieren und somit der aktiven Aufnahme von Ionen dienen.

Abb. 3: Ionen im Fischschleim

1.	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+
2.	Na^+	Cl^-	

1. MUNZ und McFARLAND (1964)
2. BIERTHER (1970)

2.3. FUNKTIONEN VON FISCHSCHLEIM

Jede Fischespezies scheint eine für diese Spezies spezifischen Schleim abzusondern (BARRY und O'ROURKE, 1959). Schleim ist ein Sekret mit charakteristischen viskosen bzw. visko-elastischen Eigenschaften (CREETH, 1978) und ist als elastisches Gel durch seine physiochemischen Eigenschaften geeignet, Oberflächen, die ständig in Bewegung sind, abzudecken (JONES, 1978).

2.3.1. Viskosität

Der Fischschleim scheint charakteristische Reibungseigenschaften zu besitzen, die angepaßt sind an den jeweiligen Bedarf der Spezies, d.h. z.B. an Schnelligkeit, Lebensgewohnheiten oder Aktivitäten (ROSEN und CORNFORD, 1971). Die reibungsreduzierende Eigenschaft des Fischschleimes in einer Lösung wurde von HOYT (1965, 1975), ROSEN und CORNFORD (1971), LING und LING (1974) und DANIEL (1981) bestimmt.

In einer funktionellen Studie haben ROSEN und CORNFORD (1971) gute Korrelation zwischen den reibungsreduzierenden Eigenschaften des Fischschleimes und der Schwimmgeschwindigkeit des Fisches festgestellt. Wurde natürlicher Fischschleim in Wasser gelöst, so war die Reibung des Wassers um bis zu 65,9% reduziert.

Die Beobachtungen von BREDER (1976) deuten darauf hin, daß die am Ende eines Fischschwarmes schwimmenden Fische von den reibungsreduzierenden Eigenschaften des gelösten Schleimpolymeres der vor ihnen schwimmenden Fische profitieren.

Glycoproteine (ALLEN, 1978), Mucopolysaccharide (WEST et al., 1968; LEBEDEVA und BURKALOW, 1973) und Phospholipide (LEWIS, 1970) sind die Substanzen, die für die viskosen, die Gleitfähigkeit erhöhenden Eigenschaften des Schleimes verantwortlich sind.

Entsprechend den Untersuchungen von GIBBONS (1959), PUCHELLE et al. (1973), LOPEZ-VIDRIERO und REID (1978) geht eine Erhöhung der sialinsäurehaltigen Glycoprotein in N-acetylneuraminsäure mit einer Erhöhung der Viskosität verschiedener epithelialer Sekrete einher. In diesem Zusammenhang stellten LOPEZ-VIDRIERO et al. (1980) fest, daß der sialinhaltige Schleim von der Scholle viskoser war als sein sulphathaltiger Schleim.

2.3.2. Wasserundurchlässigkeit

Die Wasserundurchlässigkeit der Haut von Fischen ist schon lange bekannt (BALDWIN, 1948). Schleim dient der Haut und den Kiemen als äußere Schutzschicht und kontrolliert das Ein- und Ausströmen des Wassers, während die Oberfläche flexibel für Bewegungen und, wie z.B. beim Karpfen, für olfaktorische Moleküle penetrierbar bleibt (NEGUS, 1963).

Bei Schädigung der Schleimhaut treten osmotische Störungen auf, so z.B. bei *Anguilla anguilla* (BOUCHER-FIRLY, 1932) oder *Blennius pholis* in Salzwasser (RAFFY, 1949) oder *Salmo gairdneri* (BLACK und TREADWELL, 1967) sowie gesteigerte Diurese infolge des Berührungreizes (GRAFFLIN, 1931; PITTS, 1934; BRULL und CUYPERS, 1954). Eines der besten Beispiele hierfür ist der Aal, dessen Haut aus Schichten von Schleimzellen besteht. Wird die schützende Schleimschicht entfernt und das Tier in destilliertes Wasser (hypotone Lösung) gebracht, nimmt es infolge osmotisch wirksamer Kräfte an Gewicht zu. In Salzwasser (hypertone Lösung) hingegen erfolgt aufgrund des nun aus dem Körper ausströmenden Wassers Gewichtsabnahme (JONES, 1971).

So gesehen bietet diese Schleimschicht dem Fisch einen Schutz, mit dem er in der Lage ist, sowohl in Salz- als auch in Süßwasser zu verweilen und ihn vor Austrocknung infolge Transsudation bzw. Ödembildung durch Osmose bewahrt (NEGUS, 1963).

MITTAL und BANERJEE (1975b) zeigten, daß möglicherweise neutrale Lipide und Phospholipide im Fett des Schleimes vorhanden sind. Sie sehen in dieser dünnen Lipidschicht eine wasserabweisende Substanz, die die Hautoberfläche des Fisches von der Wasserumgebung trennt und der Haut effizienten Schutz gegen das Durchdringen von Wasser bietet.

KIRSCH (1972), SHEHADEH und GORDON (1969) und MOTAIS et al. (1969) zeigten übereinstimmend, daß die Deckhaut für Wasser fast vollständig undurchlässig ist. Nach KIRSCH (1972) findet auch keine passive Ionenbewegung statt. FROMM (1968) schrieb bei seinen Untersuchungen an *Salmo gairdneri* die Wasser- bzw. Natriumundurchlässigkeit der Haut der schwachen cutanen Vascularisierung und der Anwesenheit von Schuppen und Schleim zu.

2.3.3. Osmoregulation

Von unterschiedlichen Autoren wurde mehrfach darauf hingewiesen, daß Fischschleim eine wichtige Rolle in Knochenfischosmoregulation spielt (PORTIER und DUVAL, 1926; PICKFORD, 1953; BURDEN, 1956; JOHNSON, 1973; WITTOUCK, 1975). Schleimzellen sind an den deutlichen osmotisch und ionenaktiven Stellen zwischen dem Fisch und seiner Umwelt zu erkennen; dies sind die Kiemen, Haut, Darm und Niere (LEATHERLAND und LAM, 1969; UTIDA et al., 1972; HARRIS und HUNT, 1973) und manche oder auch alle spielen möglicherweise eine Rolle für die Wasser- bzw. Ionendurchlässigkeit der Haut (VAN OOSTEN, 1957; POTTS und EVANS, 1966; CHAN et al., 1968; FROMM, 1968; WITTOUCK, 1975; MARSHALL, 1978).

Die Osmokonzentration des Fischblutes ist sowohl bei stenohyalinen als auch bei euryhalinen Knochenfischen relativ unabhängig vom äußeren Medium.

Da verglichen mit dem Blut Salzwasser bzw. Süßwasser entweder hypertonische bzw. hypotonische Medien sind, ist eine Osmore-

gulation immer für das Überleben der Fische notwendig (PHILIPOTT, 1966).

Auf die wichtige Rolle der Haut bei der Osmoregulation des Fisches ist zwar hingewiesen worden, jedoch ist ihr Stellenwert verglichen mit jenem der Kiemen noch ungeklärt (MARSHALL, 1977). In einer Untersuchung an 31 großen Salzwasserknochenfischen stellte GREY (1954) fest, daß die Hautoberfläche 0,05 bis 0,5 % der Kiemenoberfläche ausmachte.

Bei mehreren Fischarten verursacht das Entfernen von Schleim oder eine Verletzung der Haut durch starke Berührung eine Erniedrigung der Plasmaionenkonzentration (GRAFFLIN, 1931; BOUCHER-FIRLY, 1932) sowie eine starke Reduktion des Blutgefrierpunktes (PORTIER und DUVAL, 1922).

Die Schleimsekretion von Haut und Kiemen wird durch das Hypophysenprolaktin gesteuert (BLÜM, 1966; MARSHALL, 1976, 1977). Prolaktin steuert nicht nur den Ionentransport durch die Haut (MATTHEIJ und SPRANGERS, 1969; MAETZ et al., 1967), sondern führt auch zu einer Erhöhung der Schleimabsonderung (EGNAMI und ISHII, 1962; BLUM und FIEDLER, 1965; OLIVEREAU und OLIVEREAU, 1971; LEMOINE und OLIVEREAU, 1974; WITTOUCK, 1975).

Die Rolle, die Prolaktin für den Mineralhaushalt bei Süßwasserfischen spielt, ist bei einigen Fischarten ausreichend bewiesen worden (siehe Übersicht von BALL und BAKER, 1969; LAM, 1972; ENSOR und BALL, 1972; JOHNSON, 1973; BERN, 1975; MARSHALL, 1979).

PICKFORD (1953) war der erste, der die osmoregulatorischen Eigenschaften der Hypophyse erkannte. 1959 zeigten PICKFORD und PHILLIPS, daß Prolaktin das einzige Hormon war, mit dessen Hilfe man den hypophysektomierten "Fundulus fundulus" in Süßwasser erhalten konnte. Seit der Zeit ist die Rolle von Prolaktin in der Süßwasserionenregulation gut anerkannt (PICKFORD et al., 1965; BERN, 1967; UTIDA et al., 1972).

Die Fähigkeit von Prolaktin, den Na^+ -Spiegel des Plasmas, insbesondere durch eine Stimulation der Na-Retention zu erhöhen (BALL und ENSOR, 1969; POTTS und EVANS, 1966; MAETZ et al., 1967; LAM, 1968), und seine Rolle für das Überleben bei Fischen in Süßwasser ist inzwischen gut belegt (PICKFORD und PHILLIPS, 1959; BALL und ENSOR, 1965, 1967; DHARMAMBA et al., 1967; DHARMAMBA, 1970; HIRANO und MAYER, 1978).

Die Prolaktinzellen sind bei süßwasseradaptierten Fischen wesentlich aktiver als jene von an salzwasseradaptierten Fischen (LEATHERLAND und McKEOWN, 1974; INGLETON et al., 1973; DHARMAMBA und NISHIUOKA, 1968). BALL und BAKER (1969) und INGLETON et al. (1973) zeigten, daß der osmotische Druck des Wassers in umgekehrtem Verhältnis zur Prolaktinfreisetzung im Fisch steht. NICOLL et al. (1981) beobachteten, daß der Gehalt an immunoreaktivem Prolaktin bei an Süßwasser adaptierten *Sarotherodon* in der Hypophyse 6 - 10 mal höher bzw. im Serum 7 - 12 mal höher war als bei an Salzwasser adaptierten Fischen. Die Autoren sind der Meinung, daß der hauptsächliche Reiz für die Prolaktinfreisetzung im Absinken der NaCl -Konzentration bzw. Osmolarität des Wassers besteht.

MATTHEIJ und SPRANGERS (1969) wiesen nach, daß die Prolaktinaktivität geringer war, wenn der Knochenfisch *Anoptichthys jordani* in 20%igem Salzwasser gehalten wurde. GOSWAMI et al. (1983) bestätigten, daß die Prolaktinaktivität bei Fischen, die in Salzwasser umgesetzt werden, geringer war.

Ausgehend von der Tatsache, daß Prolaktin an der Regulation des Mineralhaushaltes von Knochenfischen in hypoosmotischen Gewässern beteiligt ist (siehe Übersicht von JOHNSON, 1973; sowie BERN, 1975), folgerten einige Autoren (PICKFORD et al., 1966; POTTS und EVANS, 1966), daß die osmoregulatorische Wirkung von Prolaktin auf dessen Stimulierung der Schleimproduktion und die damit verbundene Verdichtung der Schleimschicht zurückzuführen sei. Eine der Hauptwirkungen von Prolaktin wird in der Veränderung der relativen Wasserundurchlässigkeit

der Fischoberfläche, insbesondere der Kiemen, vor allem hinsichtlich des Einströmens von Wasser gesehen (CHAN et al., 1968; LAM, 1969; OGAWA et al. 1973; MARSHALL, 1978).

Der Schleimschicht der Fischhaut wird in diesem Zusammenhang eine gewisse isolierende Wirkung bezüglich des Durchdringungsvermögens seitens Wasser und Ionen zugeschrieben (USSING, 1960; DAINY und HOUSE, 1966; FROMM, 1968; MAETZ, 1968; MITTAL und BANERJEE, 1975a; MARSHALL, 1976).

2.3.4. Immunaktivität

In der Literatur gibt es viele Beweise dafür, daß bei Fischen ein hochspezialisiertes System für den Schutz der schleimhaltigen Oberflächen vorhanden ist. Daß Fische eine Immunantwort zeigen können, ist schon lange bekannt (RIDGEWAY et al., 1966). Die Untersuchungsergebnisse einiger Autoren deuten darauf hin, daß der Schleim eine wichtige Rolle als natürlicher Schutz gegenüber Parasiten (NIGRELLI, 1935, 1937; CAMERON und ENDEAN, 1973), sowie pathogenen Mikroorganismen (HILDEMAN, 1962; KITZAN und SWEENEY, 1968; INGRAM, 1980) spielt.

Die Existenz des Lysozyms (FLETCHER und GRANT, 1968; FLETCHER und WHITE, 1973a; MURRAY und FLETCHER, 1976; WEISSENSTEINER, 1981) mit seinen antibiotischen, antiviralen und bakteriologischen Eigenschaften (INGRAM, 1980) sowie der C-reaktiven Proteine, wie z.B. Precipitine (RAMOS und SMITH, 1978b), die Existenz der Komplementkomponenten (NELSON und GIGLI, 1968; HARRELL et al., 1976), die der Antikörper (O'ROURKE, 1961; FLETCHER und GRANT, 1969; DI CONZA und HALLIDAY, 1971; FLETCHER und WHITE, 1973b; HARRIS und HUNT, 1973), des IgM-Typs (BRADSHAW et al., 1971), sowie die der proteolytischen Enzyme (HJELMELAND et al., 1983), der Peroxidase, Katalase und Amylase (LEBEVEDA und BURKALOW, 1973) im Fischschleim lassen annehmen, daß der Schleim eine aktive Rolle im Immunsystem spielt.

FLETCHER und WHITE (1973a) glauben, daß die Schleimoberflächen durch eine Transudation, aber auch eine lokale Synthese des Antikörpers geschützt werden. Obwohl die Herkunft sekretorischer Antikörper noch nicht feststeht, wurden Schleimkomponenten mit immunologischer Verwandtschaft zu den Serumkomponenten beschrieben (O'ROURKE, 1961; DI CONZA und HALLIDAY, 1970; BRADSHAW et al., 1971; FLETCHER und WHITE, 1973b; HARRELL et al., 1976; SPITZER, 1976).

Eine Immunisierung erhöht den Gehalt an sekretorischen Antikörpern im Schleim (FLETCHER und GRANT; 1969; BRADSHAW et al., 1971) und es wurde nachgewiesen, daß der Schleim der Regenbogenforelle vibriocide und vibriostatische Eigenschaften besitzt (HARRELL et al., 1976; HJELMELAND et al., 1983).

Der niedrige Gehalt an Antikörpern in den Epithelabsonderungen ist möglicherweise stark genug, um die Schleimoberfläche zu schützen und mag mit dem von FLETCHER und WHITE (1973b) beobachteten Schutz bei hoher Serumantikörpertitern stehen.

Abb. 4: Substanzen im Fischschleim

Antikörper ¹
Amylase ²
Katalase ²
C-reaktives Protein ³
Komplementkomponente ⁴
Lysozym ⁵
Peroxidase ²
Proteolytische Enzyme ⁶

1. BRADSHAW et al. (1971)
2. LEBEVEDA (1973)
3. RAMOS und SMITH (1978)
4. HARRELL et al. (1976)
5. FLETCHER und GRANT (1968)

2.3.4.1. Schutz vor Infektionen

Die Teleosteerepidermis stellt mit ihrem Schleim eine direkte Barriere gegenüber potentiellen pathogenen Erregern der Umwelt dar. Bereits mehrfach wurde darauf hingewiesen, daß die Schleimproduktion den Fisch gegen Infektionen (VAN OOSTEN, 1957) und Verderb (MURRAY und FLETCHER, 1976; ASAKAWA, 1983) schützt.

Die ständige Erneuerung des Schleims durch die Schleimzellen vermag die Besiedlung durch Bakterien, Pilze (WILLOUGHBY, 1978) und Parasiten (PICKERING, 1977; PICKERING und WILLOUGHBY, 1982) zu verhindern und als chemischer Schutzmechanismus zu wirken (JAKOWSKA, 1963).

Fische sind in der Lage, die Schleimabsonderung zu erhöhen (JAKOWSKA, 1963), und es ist bekannt, daß diese Erhöhung eine Folge von Infektionen oder Berührungen (PICKERING und MACEY, 1977) sein kann. Die Menge der Schleimabsonderung spiegelt vermutlich den Grad der Initialresistenz des Fisches gegenüber einer Invasion einer Reihe potentiell infektiöser Agentien (INGRAM, 1980) wider.

Schon 1935 konnte NIGRELLI beobachten, daß der Schleim mancher Fische in der Lage war, Parasiten abzutöten. Er führte diese Aktivität auf die mögliche Wirkung vorhandener Antikörper zurück bzw. zog eine toxische Wirkung des Schleims gegenüber Parasiten in Betracht. Die parasitenabtötende Wirkung des Fischschleims konnte von CAMERON und ENDEAN (1973) bestätigt werden. Bakteriocide (ZOTOV, 1958; STROGANOV, 1962), vibriostatische und vibriocide Eigenschaften (HARRELL et al., 1976; HJELMELAND et al., 1983) des Fischschleims sind ebenfalls beschrieben worden.

Dieser Schutzmechanismus kann einerseits mechanisch durch die ständige Erneuerung des Fischschleims wirken (PICKERING, 1977), andererseits jedoch deutet das Vorhandensein von Lysozym (FLETCHER und GRANT, 1968; FLETCHER und WHITE, 1973), Komple-

ment (NELSON und GIGLI, 1968; HARRELL et al., 1976), Antikörpern (FLETCHER und GRANT, 1969), proteolytischen Enzymen (HJELMELAND, 1983), Amylase, Katalase und Peroxidase (LEBEVEDA und BURKALOW, 1973) im Schleim darauf hin, daß dieser als Träger biologisch wirksamer Moleküle dient.

Der sogenannte Säuremantel der menschlichen Haut beinhaltet Lipide mit einem Anteil freier Fettsäuren von ca. 10-20 % (LEWIS, 1970) und bietet Schutz gegenüber bakteriellen Infektionen und Pilzwachstum (ROTHMAN, 1954). OJAH und MUNSHI (1974) konnten sulphathaltigen Proteinen im Fischschleim antibakterielle und antimykotische Wirkung zuordnen. Der Anteil der freien Fettsäuren des Fischschleims liegt ebenfalls bei 10-20 % und läßt vermuten, daß diese eine ähnliche Schutzfunktion beim Fisch erfüllen (LEWIS, 1970).

2.3.5. Schleim als Futtermittel

Eine einzigartige Beziehung zwischen Eltern und Nachwuchs besteht beim Discusbuntbarsch. Im Laufe der Evolution haben die Epidermalschleimzellensekrete der Eltern eine spezielle Funktion für die Nahrung des Nachwuchses erlangt (HILDEMAN, 1959; WARD und BARLOW, 1967).

HILDEMAN (1959) beobachtete, daß die frisch geschlüpfte Brut sich vom Schleim der hypotrophierten Haut der Eltern ernährte. Wenn die Brut keinen Schleim, aber eine Fülle anderer Nährstoffe bekam, starb sie innerhalb weniger Wochen. Diese erste Nahrung, eine Sekret granulärer Komposition, wurde von der ganzen Körperoberfläche inklusive Flossen der Eltern abgesondert. In den histologischen Untersuchungen von HILDEMAN (1959) wurde diese Nahrung als Sekret der zahlreichen großen Schleimzellen der hypertrophierten Haut der Eltern charakterisiert. Eine derartige Hypertrophie konnte in Modellversuchen durch Injektionen von Prolaktin induziert werden (EGNAMI und ISHII, 1962; BLÜM und FIEDLER, 1964, 1965).

Nach NOAKES (1972) steht die Zahl der Hautschleimzellen der Elterntiere in direktem Verhältnis zur Häufigkeit des Kontaktes mit der Brut. Die Hautdicke der Schuppen wieder steht in umgekehrtem Verhältnis zur Zahl der Kontakte.

Durch Zusatz von Antibiotika zum Wasser konnte die von den Eltern isolierte Brut überleben (HILDEMAN, 1959). HILDEMAN (1959) leitete daraus, daß es eine von den Eltern über den Schleim übertragbare passive Immunität gab, und vermutete die Anwesenheit von Antikörpern im Schleim gegenüber Infektionen.

2.4. ERHÖHTE SEKRETION

Eine Erhöhung der Schleimzellensekretion ist eine der häufigsten Reaktionen der Knochenfische gegenüber sauren Wasserbedingungen (WESTFALL, 1945; PLONKA und NEFF, 1969; ANTHONY et al., 1971; DAYE und GARSIDE, 1976), Berührung (PICKERING und MACEY, 1977), Kontakt mit Pestiziden (CHRISTIE und BATTLE, 1963), ektoparasitären Befalls (ROGERS und GAINES, 1975; AHMED, 1976), alkalischen Wasserbedingungen (DAYE und GARSIDE, 1976) und einem hohen Gehalt an Schwermetallen im Wasser (EISLER und GARDNER, 1973; EISLER, 1974; MCKONE et al., 1971; NOEEL-LAMBOT et al., 1980).

Wird ein Fisch in Süßwasser mit niedrigem pH versetzt, erhöht sich die Zahl der Schleimzellen sowie die Zahl der sulphatierten Glycoproteine produzierenden Zellen (ZUCHELOWSKI et al., 1980, ZUCHELOWSKI, 1981).

2.4.1. Wassertemperatur

Änderungen der Wassertemperatur beeinflussen den Wärmehaushalt der Fische (FRY, 1964), verändern die Wasser- und Lipidzusammensetzung (HOAR und COTTLE, 1952a), sowie die Stoffwechselmechanismen (HOCHACHKA und HAYES, 1962; PHILLIPS et al., 1966). Bei ein und derselben Wassertemperatur kann ein Fisch in Abhän-

gigkeit von seinem jeweiligen Anpassungsgrad vollkommen unterschiedliche Lebenszustände zeigen: er kann hyperaktiv, benommen oder wanderfreudig sein, sich zur Geschlechtsreife entwickeln oder infertil bleiben, überleben oder sogar sterben (BRETT, 1970).

Wird ein Fisch höheren Umgebungstemperaturen ausgesetzt, so muß er seinen dabei vermehrten Sauerstoffbedarf bei nunmehr verminderter Sauerstoffverfügbarkeit decken. Diese Schwierigkeit wird offenbar nicht durch erhöhte O_2 -Aufnahme bzw. Transportkapazität des Blutes (HOUSTON et al., 1976; NIKINMAA et al., 1980) überwunden, sondern durch verstärkte Atmung, erhöhte kardiale Leistung und die effektive Nutzung der Kiemen kompensiert (RANDALL et al., 1967; MOTAIS und ISAIA, 1972; HEATH und HUGHES, 1973; BURTON, 1979; NIKINMAA et al., 1980).

Eine mögliche Konsequenz dieser Umstellung ist die Erhöhung des Wasser- und Elektrolytaustausches, wie bei hoher Temperatur beobachtet wurde (ISAIS, 1972; MAETZ und EVANS, 1972; MOTAIS und ISAIA, 1972).

BOLOGNANI-FANTIN (1984) wies nach, daß es während der Anpassung von *Phoxinus phoxinus* an warmes Wasser zur Verminderung der Anzahl von Schleim- und Kolbenzellen sowie der Hautdicke kam; umgekehrt war bei Akklimatisierung an kaltes Wasser eine Vermehrung der Schleim- und Kolbenzellen und eine Zunahme der Hautdicke die Folge. Die Autorin vermutet, daß diese Veränderungen mit der erhöhten Schleimproduktion während der Anpassung des Fisches an eine ungeeignete Umwelt einhergehen.

Bereits 1956 vermutete HOAR einen Zusammenhang zwischen dem endokrinen System und der Temperaturanpassungsfähigkeit von Fischen. Untersuchungen von JOHANSEN (1976) konnten dies bestätigen: Nach Hypophysektomie wiesen Goldfische geringere Wärmetoleranz auf; diese Befunde deuten auf eine Beteiligung des endokrinen Systems beim Fisch hin.

2.4.2. Salzgehalt des Wassers

Es ist bekannt, daß die Regenbogenforelle, *Salmo gairdneri*, ein euryhaliner Knochenfisch ist, der sowohl in Süßwasser als auch in Salzwasser leben kann (HOUSTON, 1959, 1961; PARRY, 1961; CONTE und WAGNER, 1965; GORDON, 1959, 1963; LAHLOU et al., 1975).

In manchen Ländern ist es üblich, die Regenbogenforelle für einen Teil ihrer Wachstumsperiode vom Süßwasser ins Salzwasser umzusetzen (LANDLESS, 1976; EDWARDS, 1978; GIRIN und HARACHE, 1979).

Da die Regenbogenforelle normalerweise nicht ins Meer wandert, muß die physiologische Umstellung, die ihr das Überleben im Salzwasser ermöglicht, nach dem Umsetzen stattfinden (ALEXIS et al., 1984).

Beim euryhalinen Fisch ist die Umsetzung aus Wasser niedrigen Salzgehaltes mit einer Reihe von physiologischen Ereignissen verbunden, wobei eine adaptive Phase (HOUSTON, 1959) und eine regulatorische Phase unterschieden werden. Während der adaptiven Phase, welche einige Stunden bis zu einigen Tagen dauern kann (PARRY, 1966), entsteht eine abrupte Erhöhung von Plasmaosmolarität, der Elektrolytkonzentration und des Wassergehaltes des Plasmas, sowie der Muskelelektrolytekonzentration. Dieser adaptiven Phase folgt eine chronisch regulative Phase, in der sich die verschiedenen Parameter normalisieren und sich ein stabiler Zustand einstellt (HOLMES und DONALDSON, 1969; HOLMES und LOCKWOOD, 1970).

Euryhaline Knochenfische, die salzwasseradaptiert sind, haben eine etwas höhere Plasmaosmolarität als Knochenfische, die süßwasseradaptiert sind (LAHLOU et al., 1975).

Mehrere Autoren haben gezeigt, daß *Salmo salar* und *Salmo gairdneri*, wenn sie jünger als ein Jahr sind, den direkten Transfer ins Salzwasser nicht überstehen. Erst wenn sie älter werden, sind sie in der Lage, sich einer solchen Umgebung anzupassen

(HUNTSMAN und HOAR, 1939; BLACK, 1951; PARRY, 1958).

Es gibt mehrere Veröffentlichungen über die Veränderungen der Plasmaosmolarität und der Ionenkonzentration bei *Salmo gairdneri*, die direkt in Salzwasser verbracht bzw. langsam adaptiert wurden (HOUSTON, 1959, 1961; PARRY, 1961; CONTE und WAGNER, 1965; OGURI und OOSHIMA, 1978). Bei Untersuchungen zur osmotischen bzw. Ionenregulation des Fisches an der schottischen Bachforelle sowie an *Salmo trutta* zeigte GORDON (1959), daß beide Formen sich auch bei einer breiten Salzkonzentrationsspanne des Wassers (0-32‰) im Zustand vollständiger Homoiosmose befanden. Schon 1937 beobachtete UHLICH bei Salzwasserexperimenten eine erhöhte Schleimabsonderung der Fische. Wird ein Fisch plötzlich in hypertonische Lösung gebracht, entsteht eine drastische Zunahme der Schleimzellengröße und Zahl (JOZUKA, 1966; OLIVEREAU und LEMOINE, 1972; NARASIMHAM und PARVATHESWARAO, 1974; AGARWAL et al., 1979b; SOLANKI und BENJAMIN, 1982).

Die folgende Adaptation an Salzwasser hat bei verschiedenen Fischen eine Verringerung der Anzahl der Schleimzellen in den Kiemen (MATTHEIJ und SPRANGERS, 1969; NARASIMHAM und PARVATHESWARAO, 1974; MARSHALL, 1979) und der Haut (SCHWERTFEGGER, 1976; AGARWAL et al., 1979a; SOLANKI und BENJAMIN, 1982) zur Folge.

Andere Autoren konnten weder eine Abnahme der Schleimzellen der Kiemen (LEATHERLAND und LAM, 1969; MARSHALL, 1976; SOLANKI und BENJAMIN, 1982) noch der Haut (MATTHEIJ und SPRANGERS, 1969; MARSHALL, 1979) bei an Salzwasser adaptierten Fischen feststellen. Zwischen und innerhalb der verschiedenen Fischarten bestehen Unterschiede hinsichtlich des Glycoproteingehaltes der Schleimzellen (MATTHEIJ und STROBAND, 1971; MITTAL und MUNSHI, 1971; YAMADA und YAKOTE, 1975; FLETCHER et al., 1976; GONA, 1979a, 1979b). FLETCHER et al. (1976) untersuchten die Epidermalglycoproteine von Süß-, Salz- und Brackwasserfischen, Scholle, Regenbogenforelle und Flunder, und

stellten bei der Scholle hauptsächlich sulphathaltige Glycoproteine, bei der Regenbogenforelle in erster Linie sialinhaltige und bei der Flunder eine Mischung aus beiden fest; folglich weisen Flundern, welche in Wasser mit unterschiedlichem Salzgehalt leben, das größte Spektrum an Schleimzellenglycoproteinen auf.

SOLANKI und BENJAMIN (1982) beobachteten während der Salzwasseranpassung einen Anstieg des Gehaltes an sialinhaltigen Glycoproteinen und damit einhergehend ein Abnehmen des Gehaltes an sulphathaltigen Glycoproteinen.

Als AGARWAL et al. (1979b) den Süßwasserknochenfisch (*Barbus soshor*) einer hypotonen Lösung aussetzten, resultierte daraus ein plötzlicher Anstieg der Sekretion an sauren Mucopolysacchariden der Schleimzellen. Die Adaptation induzierte eine zyklischen Sekretion der Säure-Mucopolysaccharide.

Umsetzen von *Anguilla anguilla* in Salzwasser (OLIVEREAU und LEMOINE, 1972) verursachte eine Konzentrationserhöhung der physiologisch in der Haut vorliegenden N-acetylneuraminsäure, welche ein Hauptbestandteil des Schleimes ist. Nach OLIVEREAU und LEMOINE (1972) und PICKERING (1974) steht der N-acetylneuraminsäuregehalt der Haut in direktem Verhältnis zur Anzahl der Schleimzellen. In dem von OLIVEREAU und LEMOINE (1972) beschriebenen Versuch wurde der Aal nach 20 Tagen Aufenthalt in Salzwasser wieder in Süßwasser umgesetzt; als Folge davon wurde nur eine geringgradige Abnahme des N-acetylneuraminsäuregehaltes der Haut festgestellt. Allerdings waren diese Gehalte immer noch höher als jene der Kontrollfische.

Die Häufigkeit der Schleimzellen in den Kiemen und der Haut wird durch Änderungen im Salzgehalt des Wassers (JOZUKA, 1966; MATTHEIJ und STROBAND, 1971; NARASIMHAM und PARAVATHESWARAO, 1974) sowie durch Prolaktinwirkung (experimentelle Injektionen) (MATTHEIJ und STROBAND, 1971) beeinflusst.

Die Aktivität der Ionozyten ist bei an Salzwasser adaptier-

ten Fischen höher als bei an Süßwasser adaptierten Fischen (COPELAND, 1950; BURDEN, 1956; BLANC-LIVINI und ABRAHAM, 1970; SCHWERDTFEGER und BREITER-HAHN, 1978). Die Zahl der Ionozyten kann sich enorm erhöhen während sich der Fisch von Süßwasser auf Salzwasser umstellt (VIRABHADRACHARI, 1961; VICKERS, 1961; SCHWERDTFEGER und BREITERHAHN, 1978).

Andere Wissenschaftler wiederum stellten bei süßwasseradaptierten Fischen eine höhere Aktivität der Ionozyten als bei salzwasseradaptierten Fischen fest (PETTENGIL und COPELAND, 1948; DOYLE und GORECKI, 1961; MUNSHI, 1964; MATTHEIJ und STROBAND, 1971; GARCIA-ROMEU und MANSONI, 1970).

MATTHEIJ und STROBAND (1971) zeigten, daß die Zahl der Schleimzellen und Ionozyten sowie die Dicke der Epidermis sich verringerten, wenn die Fische längere Zeit im Salzwasser verweilten, was wiederum durch Prolaktininjektionen verhindert werden konnte.

Einige Autoren halten die Ionozyten zur Erfüllung zweier verschiedener Aufgaben befähigt: zum einen zur Ionenaufnahme zum anderen zur Ionenausscheidung (BIERTHER, 1970; NARASIMHAM und PARAVESTHESWARAO, 1974).

BIERTHER (1970) konnte durch histochemische Ionenfällung einen hohen Gehalt an Na^+ und Cl^- in der Mucoidschicht der Ionozyten des Stichlings nachweisen. Seiner Meinung nach fungiert die Mucoidschicht dieser Zellen bei Süßwasserfischen als akkumulativer Ionenfänger, bei Salzwasserfischen möglicherweise als Ionenpuffer, wobei die Ionozyten im ersten Falle NaCl nur resorbieren und im zweiten Fall NaCl nur exzernieren.

2.4.3. Stress

Als "Stress" ist nach GRONOW (1974) in Anlehnung an SEYLE (1950) der Belastungszustand eines Fisches unter dem Einfluß extremer endogener oder exogener Reize (Stressoren) zu verstehen (ALBRECHT, 1977).

Aus der Literatur geht hervor, daß eine Vielzahl signifikanter Veränderungen der physiologischen und chemischen Parameter auftritt, wenn Fische Stress ausgesetzt werden. Stress kann im weitesten Sinne als akut oder chronisch bezeichnet werden, wobei es in erster Linie auf den Zeitfaktor und weniger auf die Intensität des Stresses ankommt (PICKERING et al., 1982).

Akuter Stress, zum Beispiel Fangmethoden, Berührung, Transport, Salzwassertransfer und plötzlicher Temperaturwechsel, verursacht starke Erregung (Zappeln), Hypoxie, Temperatur- und osmotische Schockzustände bei Fischen (MAZEAUD et al., 1977). Im Falle akuten Stresses dauert es sehr lange bis der Fisch sich erholt, obwohl der Moment der Reizauslösung bereits lange zurückliegt (STEVENS, 1972; SPIELER und MEIER, 1976; MAZEAUD et al., 1977; PICKERING et al., 1982).

Chronischer Stress, zum Beispiel Überbesetzung, Einengung, Ektoparasitenbefall, Verschlechterung der Wasserqualität oder Umweltverschmutzung, setzt den Fisch einer ständigen Belastung aus; er kann sich solchen Umständen entweder anpassen, seine Leistung reduzieren oder sterben (VARANASI et al., 1975; ZUCKELKOWSKI et al., 1981; PICKERING et al., 1982; POTTINGER et al., 1984).

Stress, der die physiologische Anpassungsfähigkeit des Fisches überschreitet, wirkt sich lethal aus (siehe Übersicht von LOVE, 1970; DAYE und GARSIDE, 1975; JACCBS et al., 1981). Sublethaler Stress schwächt den Fisch (WEDEMEYER, 1976) und kann den Tod hinauszögern; die Notlage des Fisches kann dabei nach der Einwirkung des Stresses eine gewisse Zeit unerkannt bleiben (PARKER et al., 1959; BOUCK und BALL, 1966).

Stressreize verändern die osmoregulatorische Fähigkeit der Fische (MAYER und MAETZ, 1967; PICKERING, 1973). Es ist bekannt, daß Stress signifikante Änderungen des Gehaltes an Glucose im Plasma, des Gehaltes an freien Fettsäuren, Laktat, sowie Ascorbinsäurewerte, der Ionenkonzentration und der Elek-

trolytverteilung induziert (BOUCK und BALL, 1966; WEDEMEYER, 1969; CHAVIN und YOUNG, 1970; HOUSTON et al., 1971; UMMINGER UND GIST, 1973; SOIVIO und OIKARI, 1976; MAZEAUD et al., 1977).

Stress verursacht eine Verminderung der zirkulierenden Prolaktinmengen (LEATHERLAND und McKEOWN, 1973; SPIELER und MEIER, 1976; MAZEAUD et al., 1977) und gleichzeitig eine Konzentrationserhöhung der zirkulierenden Adrenocorticoide (LELOUP-HATEY, 1958; HANE et al., 1966; WEDEMEYER, 1969; SINGLEY und CHAVIN, 1971; SCHRECK et al., 1976) und Katecholamine (MAZEAUD, 1964; NAKANO und TOMLINSON, 1967; MAZEAUD et al., 1977; ALBRECHT, 1977) und veranlaßt die Abgabe freien Hämoglobins (SMITH und RAMOS, 1976) sowie von Ketonkörpern (RAMOS und SMITH, 1978a) und C-reaktivem Protein (RAMOS und SMITH, 1978b) im Fischschleim.

Ein nicht-spezifischer Stress führt zu Lymphopenie (WEINREB, 1959; BALL und SLICHER, 1962; PICKFORD et al., 1971; McLEAY, 1973, 1975; BENNETT und NEVILLE, 1975); darüber hinaus wurde ein immunsuppressiver Effekt nachgewiesen (RASQUIN, 1951; WEINREB, 1958). Daß Stress zu einer Resistenzverminderung gegenüber Infektionen (BULLOCK, 1964; SNIESZKO, 1964; ROTH, 1972; NEISH, 1977; WEDEMEYER und WOOD, 1974) und zu einer Erniedrigung der Futteraufnahme führt, ist bekannt (WEDEMEYER, 1976; PICKERING et al., 1982).

Die Zeit, die Salmonidfische benötigen, um sich nach Stress-einwirkung zu erholen, ist von der Spezies sowie von Art, Dauer und Schwere des Stresses abhängig (NAKANO und TOMLINSON, 1967; HOUSTON et al., 1971b; SOIVIO et al., 1977; PICKERING und MACEY, 1977; POTTINGER et al., 1984). So dauert es z.B. bei Salmoniden zwischen 2 bis 24 Stunden bis sich nach akuter Stresseinwirkung die Blutwerte für Glucose, Cortison, Laktat und Plasmathyroxin normalisiert haben (BLACK, 1957a, 1957b; WEDEMEYER, 1972; PERRIER et al., 1978). Bei chronischem Stress allerdings kann diese Erholungsphase 5 bis 16 Tage andauern (OSBORN und SIMPSON, 1974; SIMPSON 1975/76; WEDEMEYER, 1976;

LEATHERLAND und SONSTEGARD, 1978; MILNE et al., 1979).

Unter Stresseinwirkung kommt es zu explosionsartiger Schleimausschüttung (FLETCHER et al., 1976). Berührung oder chemische Stimulierung führen nach REID (1894) und UHLICH (1937) zu einer direkten Reaktion der Schleimzellen; so wurde z.B. beobachtet, daß bei *Salmo trutta* (PICKERING et al., 1982) sowie *Salmo alpinus* (PICKERING und MACEY, 1977) eine Berührung zu signifikantem Anstieg der superfizialen Schleimzellenkonzentration führte. Diese Schleimzellenkonzentration erreichte nach einer Woche ein Maximum. Nach zwei Wochen waren bei *Salmo trutta* und erst nach vier Wochen bei *Salmo alpinus* die Konzentration wieder auf die Normalwerte gesunken. Durch wiederholte Berührungen konnte die erhöhte Schleimzellenkonzentration nicht aufrechterhalten werden (PICKERING und MACEY, 1977).

2.4.4. Schwermetalle

Aus verschiedenen Untersuchungen geht hervor, daß der Zusatz von Quecksilber, Cadmium oder Blei im Wasser die Schleimzellenproduktion beim Goldfisch (McKONE et al., 1971), der Regenbogenforelle (VARANASI et al., 1975) und dem Lachs (VARANASI und MARKEY, 1978) erhöht. Es wird vermutet, daß die Schwermetallbindungsstellen der Schleimproteine Schwermetalle aus dem Wasser anziehen und diese inkorporieren bzw. zum Bestandteil des Schleims werden lassen (CHOW et al., 1974). Blei akkumuliert z.B. in der Haut sowie im epidermalen Schleim des Thunfisches (CHOW et al., 1974).

VARANASI et al. (1975) beobachteten, daß der Schleim von Regenbogenforellen, die sublethalen Konzentrationen von Blei und Quecksilber ausgesetzt waren, wesentliche Mengen dieser Metalle enthält und strukturelle Veränderungen im Schleim entstanden, welche sich auch nachdem der Fisch wieder für 24 Stunden ins Kontrollwasser zurückversetzt worden war, als irreversibel erwiesen. COOMBS et al. (1972) zeigten, daß niedri-

ge Konzentrationen von Kupfer, Zink oder Quecksilber eine Präzipitation von Fischeschleim zur Folge hatten.

Geht man davon aus, daß Epidermalschleim sich ständig erneuert und verloren geht (PICKERING, 1976), so deutet die im obigen Zusammenhang erwähnte erhöhte Schleimproduktion darauf hin, daß der Epidermalschleim für die Ausscheidung von Schwermetallen eine wichtige Rolle spielt (VARANASI und MARKEY, 1978).

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. VERSUCHSZIEL

Das Versuchsziel war, jenen Anteil an der endogenen Proteinausscheidung quantitativ zu bestimmen, der innerhalb 24 Stunden über den Hautschleim bei Regenbogenforellen ausgeschieden wird.

3.2. MATERIAL UND METHODEN

Die Fische wurden in einem ständig beleuchteten Raum in Plastik tanks (150-450 l) gehalten und durch kontinuierlich fließendes Leitungswasser mit Frischwasser versorgt. Durch Besatz mit sogenannten Belüftungssteinen wurde ein ausreichender Sauerstoffgehalt gewährleistet.

Futterraufnahme und Gesundheitszustand der Tiere wurden täglich kontrolliert. Die Fütterung mit einer selbst hergestellten Mischung (47% Rohprotein, 17% Rohfett, 2,55% Calcium, 1,4% Phosphor) erfolgte täglich zweimal.

Die Häufigkeitsverteilung der Lebendmasse (g) der Fische in den Experimenten II, III und IV ist in Abb. 5, die der Experimente V, VI und VII in Abb. 6 graphisch dargestellt.

Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der 126 Fische der Experimente II, III und IV

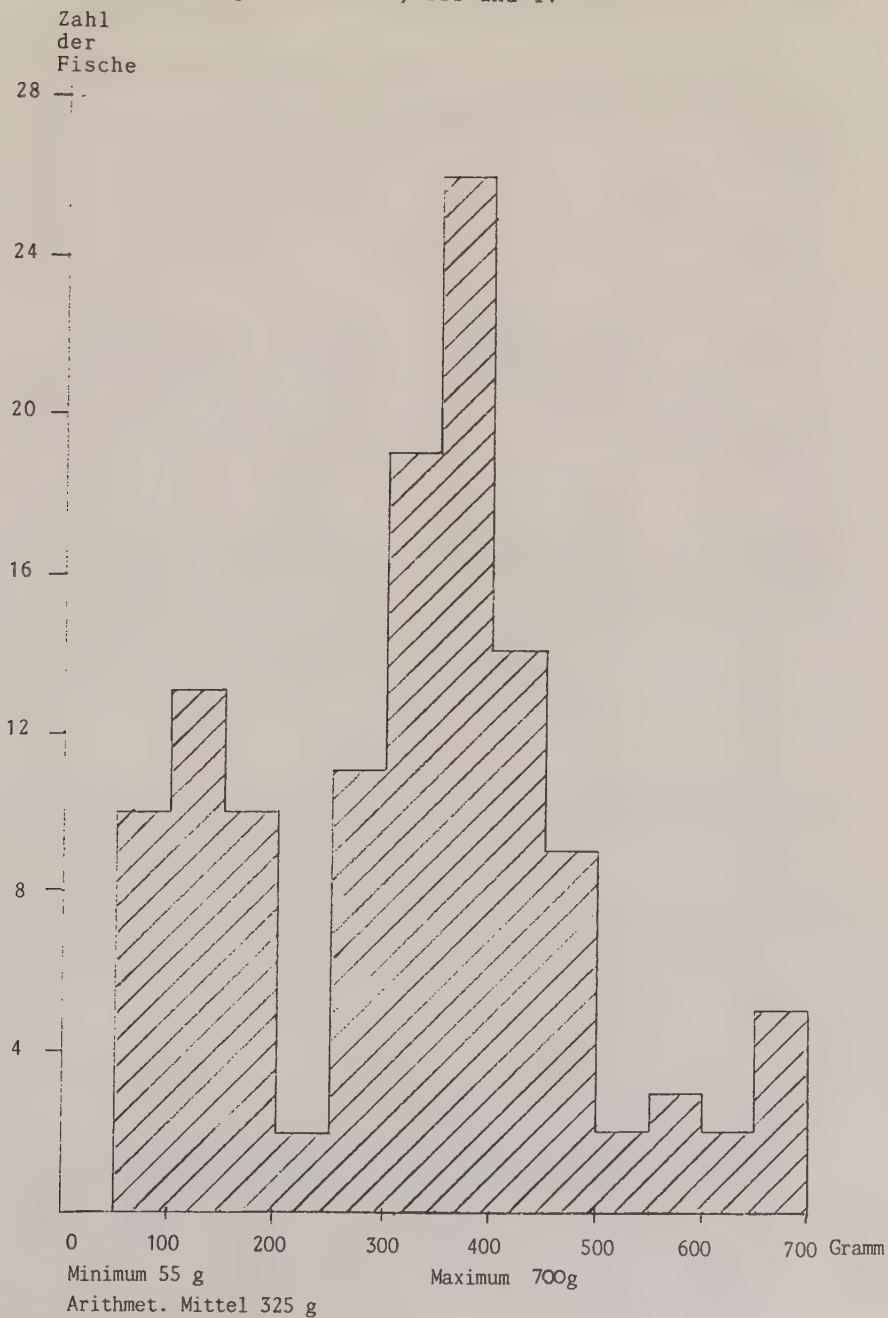
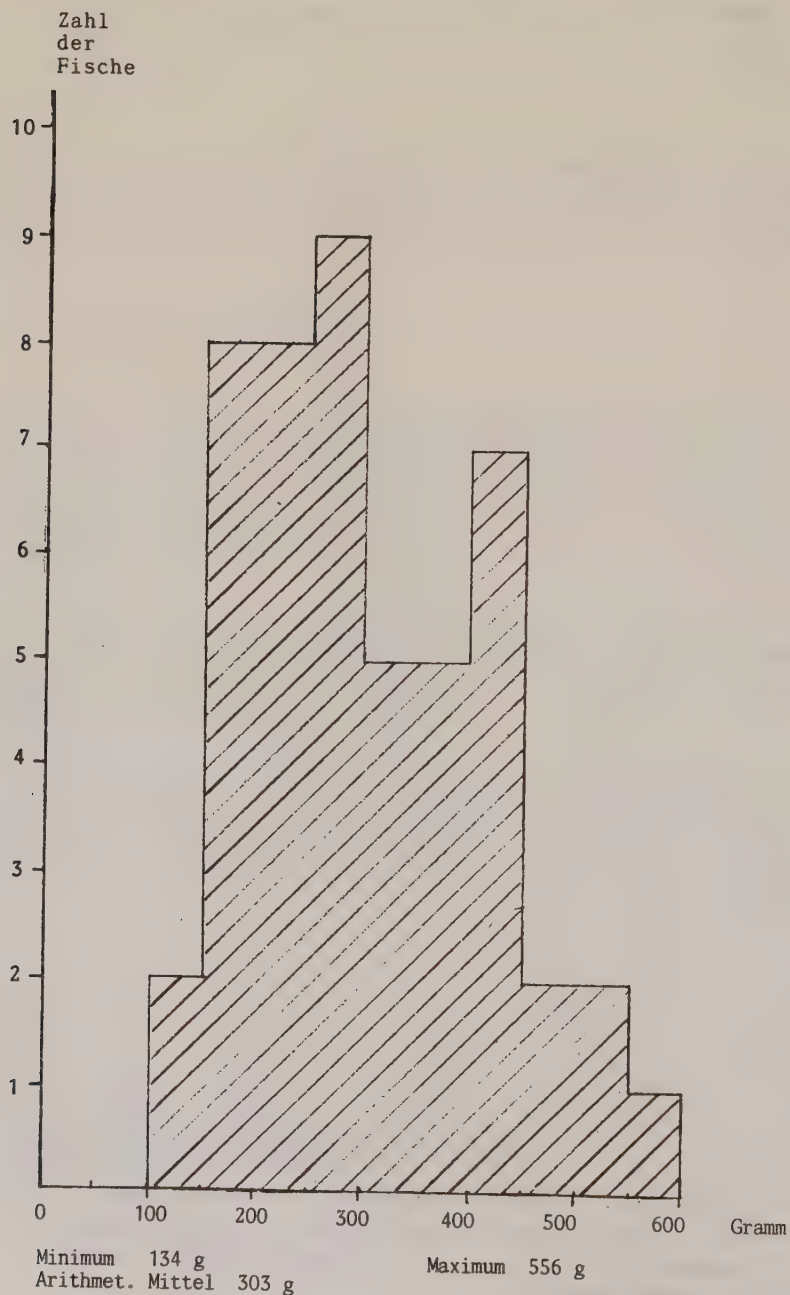


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der 49 Fische der Experimente V, VI und VII



3.3. EXPERIMENT I

Von insgesamt 108 Forellen wurde Hautschleim gewonnen.

24 Stunden vor Versuchsbeginn wurde jeweils die Fütterung eingestellt. Jeder Fisch (Lebendgewicht 150-250 g) wurde mit einem Fangnetz einzeln gefangen, in eine 0,05 ppm Lösung MS-222 (Tricain Methansulphonat) verbracht und dort bis zur Reaktionslosigkeit gehalten. Auf regelmäßige Kiemenatmung wurde geachtet.

Anschließend wurde der Fisch kurz abgetropft und durch leichtes Streicheln mit den Händen (Gummihandschuhe) versucht, die Schleimsekretion anzuregen. Der vorhandene Schleim wurde mit der Hand in eine vorgewogene Schale abgestreift, für je drei Tiere gesammelt und im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Nach erfolgter Wiegung wurde die Bestimmung des N-Gehaltes mittels einer Technikon-Anlage (siehe Küchle 1981) vorgenommen, die aus einem Thermoblock für den Aufschluß der Proben und einem Autoanalyser mit angeschlossenem Schreiber für die Bestimmung des Stickstoffgehaltes bestand.

3.4. EXPERIMENT II

63 Regenbogenforellen (55-700 g) wurden hinsichtlich ihrer Schleimproduktion geprüft.

Die Tiere wurden wie in Experiment I betäubt. Anschließend wurde jeder Fisch auf N-armes Filterpapier verbracht, vorsichtig abgetrocknet, gewogen und in ein Einzelaquarium mit unveränderter Wasserqualität umgesetzt. Das Papier wurde verworfen.

Nach 12 Stunden wurde der Fisch in der oben beschriebenen Art nochmals behandelt, allerdings wurde diesmal ein Filterpapier mit definierter Größe zum Abtrocknen verwendet. Dieses wurde dann sofort tiefgefroren (-20°C) und nach Beendigung der Versuchsreihe auf seinen Stickstoffgehalt nach KJELDAHL untersucht.

3.5. EXPERIMENT III

37 Regenbogenforellen (80-691 g) wurden wie im Experiment II behandelt. Allerdings wurde der Fisch ein drittes Mal mit dem Filterpapier nach weiteren 12 Stunden entschleimt. Das Filterpapier von den letzten zwei Entschleimungen wurde ebenfalls in der beschriebenen Art der N-Bestimmung (KJELDAHL) zugeführt.

3.6. EXPERIMENT IV

26 Regenbogenforellen (302-460 g) standen zur Verfügung.

Die Tiere wurden wie in Experiment I beschrieben gefangen, jedoch vor der folgenden Betäubung 15 Sekunden in der Luft gehalten. Anschließend wurde jeder Fisch auf N-armes Filterpapier verbracht, vorsichtig abgetrocknet, gewogen und in ein Einzel-aquarium (Glas) mit unveränderter Wasserqualität umgesetzt.

Nach 12 Stunden wurde der Fisch in der oben beschriebenen Art behandelt, Filterpapier definierter Größe wurde zum Abtrocknen verwendet. Letzteres wurde sofort tiefgefroren (-20°C) und nach Beendigung der Versuchsreihe auf seinen Stickstoffgehalt nach KJELDAHL untersucht.

3.7. EXPERIMENT V

Die Versuche an zehn Regenbogenforellen (135-356 g) entsprachen den Untersuchungen von Experiment IV wie beschrieben, außer daß die Fische vor der Betäubung 30 (statt 15) Sekunden in der Luft gehalten wurden.

3.8. EXPERIMENT VI

Der Einfluß unterschiedlicher Salzkonzentrationen auf die Schleimproduktion bzw. den N-Gehalt des Schleims sollte an zwölf Fischen (insgesamt 2,542 g) dargestellt werden.

Die Fische wurden aus Frischwasser (T. 14,1-15,6°C) sukzessive in Salzwasser täglich steigender Konzentration (3,2; 6,4; 9,6; 12,8; 16,25‰/∞) umgesetzt.

Am fünften Tag (Salzkonz. 50‰ Meereswasser) wurde Versuch II wie beschrieben durchgeführt. Im Anschluß daran wurde wiederum täglich die Salzkonzentration um 10‰ gesenkt.

Nachdem die Tiere wieder in Süßwasser verbracht waren, wurden sie dort für zehn Tage belassen und dann wiederum Experiment II wiederholt.

Zwei Tiere mußten infolge Hautveränderungen bzw. akuter Atemnot (Streßeinwirkung) vom Versuch ausgeschlossen werden.

3.9. EXPERIMENT VII

Der Einfluß erhöhter Temperatur auf die Schleimproduktion bzw. die Schleim-N-Ausscheidung wurde an zwölf Fischen (231-527 g) untersucht.

Die Tiere wurden anfänglich in Frischwasser von 12,4°C gehalten, dann wurde die Wassertemperatur kontinuierlich im Verlauf von sechs Tagen auf 21°C erhöht und über 20 Tagen in etwa konstant (19,3 - 21,5°C) gehalten.

Bis zum 16. Tag wurde ad lib. gefüttert, wobei nicht verzehrtes Futter nach beendeter Fütterung sofort durch Absaugen entfernt wurde. Am 16. Tag wurde die Fütterung eingestellt. Am 17. Tag wurde wie in Experiment II beschrieben verfahren. Weitere Fütterung erfolgte erst 24 Stunden nach Beendigung dieses Versuchsteils.

Nach zehn weiteren Tagen bei ca. 21°C wurde die Untersuchung wie besprochen wiederholt.

4. ERGEBNISSE

4.1. ERGEBNISSE VON EXPERIMENT I

Der prozentuale Proteinanteil der Trockensubstanz des im Rahmen des Experiments I gewonnenen Fischschleims ist in der Tab. 5 aufgelistet. Bei Extremwerten von 38,01 bzw. 63,37 % wurde aus insgesamt 36 Proben (dies entspricht dem Schleim von 108 Fischen) in der Trockensubstanz ein durchschnittlicher Rohproteingehalt von 52,44 % (Standardabweichung 6,32) berechnet.

Tabelle 5: Schleim-Trockensubstanz und Gehalt von Rohprotein in 36 Proben von 108 Fischen (LM 150-250 g) (Experiment I)

Nr.	T (mg)	% Rohprotein	Nr.	T (mg)	% Rohprotein
1	45,9	52,32	19	52,4	53,23
2	32,9	40,61	20	35,1	53,92
3	47,7	54,54	21	51,6	55,41
4	97,4	40,31	22	63,6	95,46
5	57,7	44,68	23	52,7	55,15
6	55,6	42,58	24	98,7	60,43
7	73,0	43,18	25	36,2	56,93
8	76,2	57,21	26	135,1	63,37
9	104,1	46,11	27	143,5	62,80
10	82,1	47,67	28	51,6	57,46
11	69,5	45,53	29	52,9	57,38
12	117,8	58,79	30	66,1	58,86
13	38,2	52,44	32	83,8	55,94
14	52,7	50,26	33	51,8	53,84
15	26,9	51,41	34	28,4	56,63
16	36,8	51,91	35	24,8	57,18
17	43,6	50,80	36	122,4	38,01
18	42,0	53,35			

Durchschnitt: 52,44 % Rohprotein (Standardabweichung 6,32)

4.2. ERGEBNISSE DER EXPERIMENTE II, III und IV

In Experiment II wurde die 12-Stunden-N-Ausscheidung über Hautschleim, in Experiment III die 24-Stunden-N-Ausscheidung erfaßt.

Die Ergebnisse beider Versuche und der folgenden Experimente wurden als N-Ausscheidung bezogen auf 24 Stunden berechnet und entsprechend angegeben.

Die Ergebnisse von Experiment IV (15 Sekunden "in der Luft gehalten") unterscheiden sich nicht von den Ergebnissen der Experimente II und III, weshalb sie einer gemeinsamen Bewertung unterzogen wurden. Die Einzelergebnisse (n=126) finden sich im Anhang (Tab. 1A).

Die analytisch ermittelten Stickstoffmengen wurden unter Verwendung des Faktors 6,25 in Rohprotein umgerechnet. Da die Schleim-N-Menge offensichtlich mit zunehmender Lebendmasse ansteigt, wurde versucht, diesen Eindruck regressions-analytisch zu überprüfen.

Die 126 Wertpaare wurden sowohl in einem linearen Modell ($y=a+xb$) wie auch in einem exponentiellen Modell ($y=a \cdot x^b$) auf die Beziehung Schleim-N-Ausscheidung zur Lebendmasse untersucht.

Dabei wurden folgende Regressionsgleichungen erhalten:

linear: $y \text{ (mg N in 24h)} = 0,76 + 0,0123 \text{ LM(g)}$

exponentiell: $y \text{ (mg N in 24h)} = 0,035 \cdot \text{LM(g)}^{0,84}$

Beide waren hochsignifikant ($P<0,001$).

Das Bestimmtheitsmaß der exponentiellen Beziehung war mit 0,671 geringgradig höher ausgefallen als für die lineare Gleichung ($B = 0,647$). Letztlich gab aber den Ausschlag für die Wahl der Gleichung die Überlegung, daß die Schleimabsonderung wahrscheinlich von der Körperoberfläche abhängt - und diese allenfalls indirekt mit dem Körpergewicht, d.h. mit einer Funktion des Körpergewichts, korreliert ist.

In Abb. 7 ist die exponentielle Funktion dargestellt. Trendberechnungen finden sich in Tab. 6. Forellen von 100, 300 und 600 g Lebendmasse scheiden demnach in 24 Stunden über den Hautschleim 10,63 mg, 26,86 bzw. 48,19 mg Rohprotein aus.

Abbildung 7: Stickstoffmengen (N) von Fischschleim in Abhängigkeit von der Lebendmasse (LM) (Experimente II, III und IV)

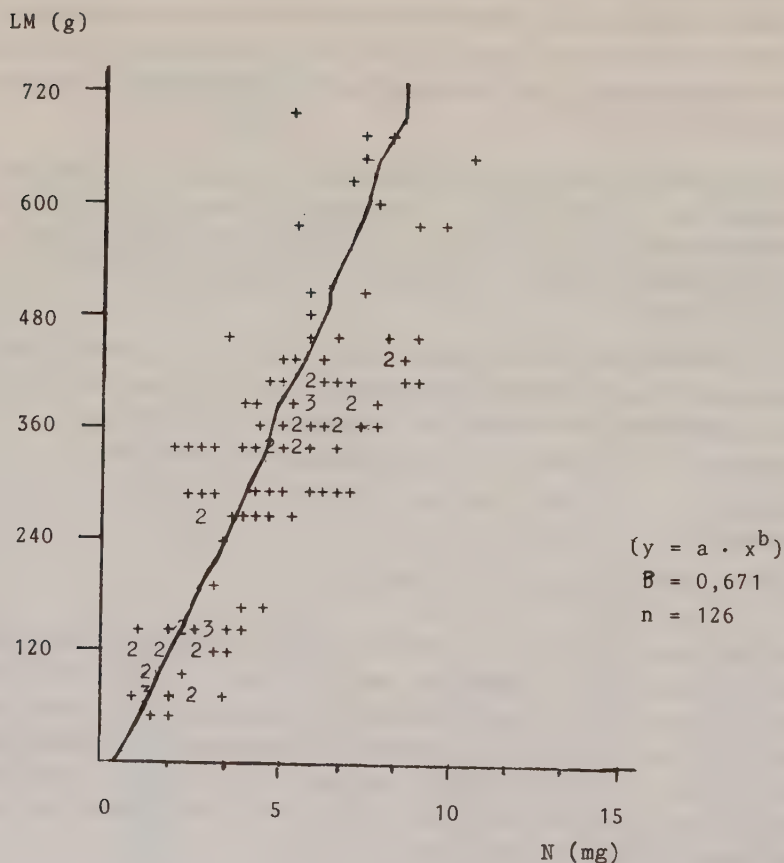


Tabelle 6: Errechnete Stickstoffmengen, die in Abhängigkeit von der Lebendmasse innerhalb 24 Stunden über den Hautschleim abgegeben werden (Experimente II, III und VI)

Zugrunde gelegte Le- bendmasse (g)		N (mg)
GEGEBEN : LM	50	BERECHNET: N 0,948
GEGEBEN : LM	100	BERECHNET: N 1,701
GEGEBEN : LM	200	BERECHNET: N 3,053
GEGEBEN : LM	300	BERECHNET: N 4,297
GEGEBEN : LM	400	BERECHNET: N 5,477
GEGEBEN : LM	500	BERECHNET: N 6,611
GEGEBEN : LM	600	BERECHNET: N 7,710
(GEGEBEN : LM	700	BERECHNET: N 8,78)
(GEGEBEN : LM	800	BERECHNET: N 9,804)
(GEGEBEN : LM	900	BERECHNET: N 10,818)
(GEGEBEN : LM	1.000	BERECHNET: N 11,862)

4.3. ERGEBNISSE DER EXPERIMENTE V, VI und VII

Die einzelnen Ergebnisse ($n = 49$) der Experimente V, VI und VII, bei denen die Fische unterschiedlichen Streßbedingungen ausgesetzt worden waren (30 Sek. Verbleib in der Luft, ansteigende Salzkonzentration des Wassers, erhöhte Wassertemperatur), sind dem Anhang (Tab. 2A) zu entnehmen.

Bei der statistischen Bewertung dieser Versuche wurden die Ergebnisse der Experimente V, VI und VII zusammengefaßt, da die Resultate der Einzelexperimente sich nicht voneinander unterschieden.

Auch unter Streßbedingungen war, wie bei den nicht gestreßten Tieren, eine Abhängigkeit zwischen Lebendmasse und der mit dem Schleim abgesonderten Stickstoffmengen festzustellen.

Bei der Untersuchung im linearen bzw. exponentiellen Modell (siehe 4.2) ergaben sich folgende Regressionsgleichungen:

linear: $y \text{ (mg N/24h)} = 0,50 + 0,0302 \text{ LM(g)}$

exponentiell: $y \text{ (mg N/24h)} = 0,021 \cdot \text{LM(g)}^{1,07}$

Beide waren hochsignifikant ($P < 0,001$).

Auch in diesem Fall fiel das Bestimmtheitsmaß der exponentiellen Beziehung mit $B = 0,644$ höher aus als für die lineare Gleichung ($B = 0,619$).

Die exponentielle Funktion ist in Abb. 8 dargestellt.

Basierend auf der exponentiellen Beziehung wurden unter den genannten Streßbedingungen die Rohproteinmengen des Schleims in Abhängigkeit von der jeweiligen Lebendmasse des Fisches errechnet (siehe Tab. 7); dementsprechend sondert innerhalb 24 Stunden ein 100 g schwerer Fisch ca. 17,78 mg, ein 300 g schwerer Fisch 57,44 mg und ein 600 g schwerer Fisch 120,38 mg Rohprotein mit dem Schleim ab.

Abbildung 8: Stickstoffmengen (N) von Fischschleim in Abhängigkeit von der Lebendmasse (LM) (Experimente V, VI und VII)

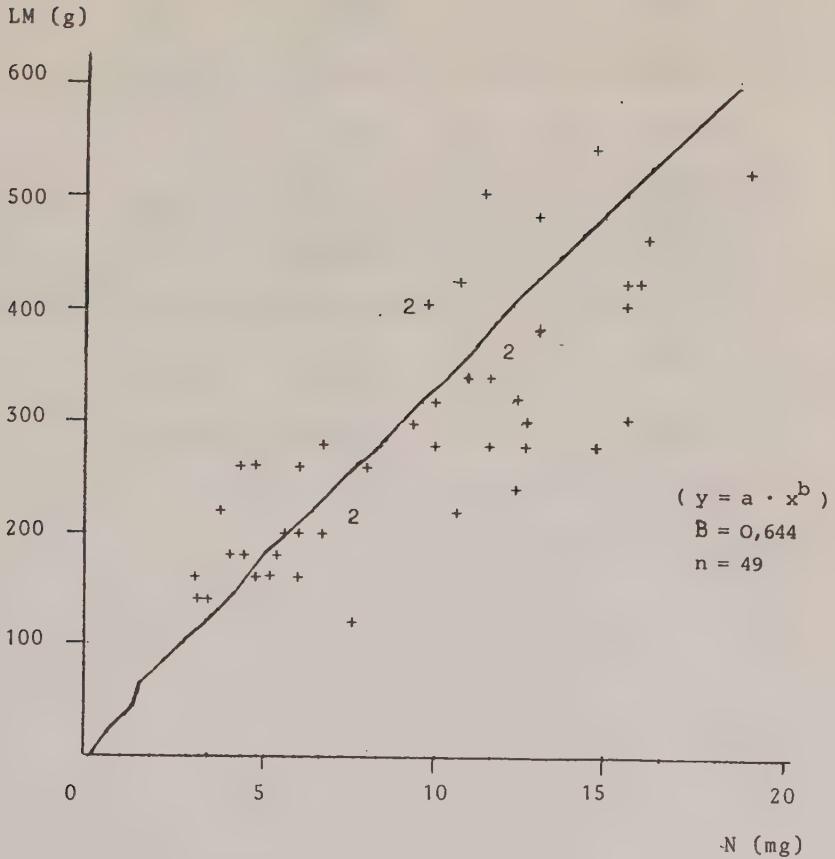


Tabelle 7: Errechnete Stickstoffmengen, die in Abhängigkeit von der Lebendmasse innerhalb 24 Stunden über den Hautschleim abgegeben werden (Experimente V, VI und VII)

Zugrunde gelegte Le- bendmasse (g)		N (mg)
(GEGEBEN : LM	50	BERECHNET: N 1,357)
GEGEBEN : LM	100	BERECHNET: N 2,844
GEGEBEN : LM	200	BERECHNET: N 5,961
GEGEBEN : LM	300	BERECHNET: N 9,190
GEGEBEN : LM	400	BERECHNET: N 12,493
GEGEBEN : LM	500	BERECHNET: N 15,854
GEGEBEN : LM	600	BERECHNET: N 19,260
(GEGEBEN : LM	700	BERECHNET: N 22,705)
(GEGEBEN : LM	800	BERECHNET: N 26,184)
(GEGEBEN : LM	900	BERECHNET: N 29,692)
(GEGEBEN : LM	1000	BERECHNET: N 33,227)

5. DISKUSSION

5.1. ROHPROTEIN IM HAUTSCHLEIM

Im Rahmen von Experiment I sollte orientierend festgestellt werden, wie hoch der prozentuale Proteinanteil des Hautschleims von Fischen (Regenbogenforellen) unter normalen Versuchsbedingungen (die Tiere wurden keinerlei Streßfaktoren ausgesetzt) ist. Dabei wurde, bezogen auf die Trockensubstanz, durchschnittlich 52,44 % Rohprotein ($N \times 6,25$) in der gewonnenen Schleim-Trockensubstanz aufgefunden.

Dies steht in relativ guter Übereinstimmung mit den aus der Literatur bekannten Werten; so ermittelten FAUCONNEAU und SAGLIO (1984) bei *Anguilla anguilla* zwischen 60 und 70 %, während LEHTONEN et al. (1966) bei *Myxine glutinosa* und HARRIS et al. (1973) bei *Salmo salar* 63 % nachweisen konnten.

5.2. SCHLEIMPRODUKTION

Die 24-Stunden-Schleimproduktion ist methodisch schwer zugänglich. Zur folgenden wird daher unterstellt, daß die nach Schleimabstreifung 12 Stunden später auf der Haut befindliche Schleimmenge der auch unter physiologischen Bedingungen produzierten Schleimmenge entspricht.

Bei dieser Methode werden jedoch wahrscheinlich zwei in ihrem Einfluß gegeneinander gerichtete Fehlerquellen in Kauf genommen. Es darf einmal angenommen werden, daß das mechanische Abstreifen des Hautschleims einen Reiz darstellt (PIKKERING und MACEY, 1977; PICKERING et al., 1982), der mit einer höheren Produktion von Schleim beantwortet wird.

Gleichzeitig sollte auch nicht angenommen werden, daß der in 12 Stunden produzierte Schleim vollständig an das umgebende Wasser abgegeben wird und somit einen endogenen Verlust darstellt. Andererseits ist aber kaum anzunehmen, daß der auf einen Reiz hin produzierte Hautschleim nach 12 Stunden noch vollständig der Körperoberfläche anhaftet. Vermutlich sind von der produzierten Schleimmenge nicht näher bestimmbare Anteile an das umgebende Wasser abgegeben worden. Dieser Anteil kann durch eine N-Bestimmung des Wassers aber auch nicht erfaßt werden, da gleichzeitig über Kiemen und Harn weitere N-haltige Bestandteile in das Wasser gelangen.

Schließlich ist noch anzumerken, daß neben der Haut auch die Kiemen Schleim produzieren, der in Teilen ebenfalls an das Wasser abgegeben wird (LEATHERLAND und LAM, 1969; MATTHEIJ und STROBAND, 1971; NARASIMHAM und PARVATHESWARAO, 1974; MARSHALL, 1976).

GREY (1954) stellte an 31 Salzwasserknochenfischen fest, daß die Hautoberfläche nur 0,05 - 0,5 % der Kiemenoberfläche ausmachte. Wenn man bedenkt, daß die Kiemenoberfläche mit Schleim bedeckt wird und eine weitaus größere Fläche als die der Haut

darstellt, könnte spekuliert werden, ob diese Schleimmenge den der Haut womöglich übersteigt. Dieser Schleimanteil wurde in den Untersuchungen ebenfalls nicht erfaßt.

Wenn im folgenden von der 24-Stunden-Produktion von Schleim bzw. von Schleim-N oder -Protein gesprochen wird, ist diese Aussage stets unter den gemachten Einschränkungen zu sehen. Da nur die Größenordnung der Hautschleim-N-Angaben erfaßt werden sollte, dürften die in gewissem Rahmen "fehlerhaften" Angaben genügen (siehe 5.5.).

5.3. N-AUSSCHIEDUNG UNTER PHYSIOLOGISCHEN BEDINGUNGEN

Die Experimente II, III und IV wurden durchgeführt, um orientierend die Schleimproduktion unter normalen Versuchsbedingungen zu prüfen. Für die Bewertung wurden die Ergebnisse der drei Experimente zusammengezogen.

Unter normalen Versuchsbedingungen steht die mit dem Schleim in 24 Stunden produzierte Rohproteinmenge in direkter Beziehung zur Lebendmasse des Fisches, d.h. ein Fisch geringerer Lebendmasse produziert im Hautschleim weniger, ein Fisch größerer Lebendmasse mehr Rohprotein (vgl. Tab. 6).

Angaben über die von Fischen unter Normalbedingungen produzierten Schleimmengen bzw. das Rohprotein des produzierten Schleims liegen aus der Literatur nicht vor; lediglich Untersuchungen über die Anzahl und Morphologie der Schleimzellen unterschiedlicher Fische sowie histo-chemische Untersuchungen des Schleims wurden beschrieben (MÜLLER und REINBACH, 1914; PICKERING, 1974; HARRIS und HUNT; 1975b; PICKERING und MACEY, 1977; BLACK-STOCK und PICKERING; 1982). Zum Teil wurden diese Beobachtungen als Grundlage für Versuche, welche den Einfluß verschiedener Umweltfaktoren beweisen sollten, herangezogen.

5.4. N-AUSSCHEIDUNG UNTER STRESS

Aus der Literatur ist bekannt, daß Fische unterschiedlicher Spezies auf unterschiedliche Streßeinwirkung generell mit erhöhter Schleimabsonderung reagieren (WESTFALL, 1945; CHRISTIE und BATTLE, 1963; VARASANI et al., 1975; PICKERING und MACEY, 1977; NOEL-LAMBOT et al., 1980).

Bei der Bewertung der eigenen Versuche wurden die Ergebnisse der Experimente V, VI und VII zusammengefaßt, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen. Dies erschien zulässig, da - wie bereits oben erwähnt - Fische in der Regel auf belastenden Umwelteinflüsse mit gesteigerter Schleimproduktion reagieren.

In den genannten Untersuchungen wurden die Tiere entweder wie in Experiment V durch zeitlich begrenzten Verbleib in der Luft (30 Sek.) oder steigende Salzkonzentrationen (Experiment VI) bzw. erhöhte Wassertemperatur (Experiment VII) belastenden Umweltbedingungen ausgesetzt. Auch unter Streßbedingungen war zwischen der Lebendmasse der Tiere und dem mit dem Hautschleim in 24 Stunden produzierten Gesamtproteingehalt eine direkte Beziehung gegeben; auch unter diesen Verhältnissen produzierten Fische mit größerer Lebendmasse mehr Gesamtprotein im Schleim als jene mit geringerer Lebendmasse. Beim Vergleich des jeweiligen mit dem Schleim produzierten Proteingehaltes von Fischen identischer Lebendmasse wird ersichtlich, daß unter Streßbedingungen jeweils zwei- bis dreimal mehr Gesamtprotein gebildet wird als unter Normalverhältnissen.

In der Literatur liegen Angaben über die Größenordnung der endogenen Proteinausscheidung über die Haut weder unter Normal- noch unter Streßbedingungen vor. Auf Berührungstreß (PICKERING und MACEY, 1977; PICKERING et al., 1982) bzw. Streß durch plötzliches Verbringen von Süß- in Salzwasser (AGARWAL et al., 1979b; SOLANKI und BENJAMIN, 1982) reagieren Fische mit einer plötzlichen drastischen Erhöhung der Schleimzellengröße und

-zahl. Nach einmaliger Berührung stieg die Anzahl der Schleimzellen in der Haut der Fische innerhalb einer Woche auf einen Maximalwert an und erreichte erst nach zwei (PICKERING et al., 1982) bzw. vier (PICKERING und MACEY, 1977) Wochen wieder die Ausgangswerte.

Ähnliche Beobachtungen machten AGARWAL et al. (1979b) und SOLANKI und BENJAMIN (1982) bei Verbringen von Fischen aus Süß- in Salzwasser. Die oben beschriebenen Veränderungen waren erst nach längerer Adaptationszeit an die neuen Umweltverhältnisse wieder verschwunden. Bei Salzwasserexperimenten, die von SOLANKI und BENJAMIN (1982) durchgeführt wurden, waren die Ausgangszahlen der Schleimhautzellen erst nach neuntägiger Adaptationszeit auf dem Niveau der Kontrollfische angelangt.

In vergleichenden Untersuchungen von BOGLIANI-FANTIN et al. (1984) wurden bei Elritzen, die bereits drei Monate lang in 20°C warmem Wasser gehalten worden waren, geringere Schleimhautzellenzahlen festgestellt als bei jenen, welche bei 10°C gehalten worden waren. Allerdings kann aufgrund der oben erwähnten Untersuchungen angenommen werden, daß die Tiere den Anpassungsprozeß innerhalb der drei Monate bereits weitgehend vollzogen hatten.

In den eigenen Untersuchungen wurden die Fische fünf Tage lang steigenden Salzkonzentrationen ausgesetzt, verblieben fünf Tage bei der höchsten Konzentration und wurden dann wiederum über fünf Tage bei sinkender Salzkonzentration in Süßwasser zurückgeführt; nach weiteren zehn Tagen in Süßwasser erfolgte die letzte Untersuchung. Es ist anzunehmen, daß die Tiere jeweils keine Zeit hatten, sich an die entsprechenden Bedingungen anzupassen bzw. sich während des relativ kurzen Verbleibs (10 Tage) in Süßwasser von dem Dauerstreß der Salzeinwirkung zu erholen. Dafür spricht, daß die gemessenen Gesamtprotein-gehalte bei Ende der Untersuchungsreihe denen entsprachen, die nach fünftägigem Verbleib im Salzwasser der höchsten Konzentration (16,25‰) festgestellt worden waren. Entsprechendes gilt

für die Versuche mit steigenden Wassertemperaturen. Auch die Berührungsreize, denen die Fische in Experiment V während des Zeitraums ausgesetzt waren, in dem sie sich unbetäubt im Netz an der Luft befanden, sind gemäß den Ausführungen von FLETCHER (1976) als akute Streßeinwirkung zu werten. Die Autorin stellte in ihren Untersuchungen fest, daß plötzliche Berührungsreize zur sofortigen Erhöhung der Schleimproduktion führe.

Es kann daher für die eigenen Untersuchungen abgeleitet werden, daß die hohen Gesamtproteingehalte im Fischschleim unter den angewandten Bedingungen tatsächlich auf die direkte Einwirkung von Streß (Berührung, erhöhter Salzgehalt, erhöhte Temperatur) zurückzuführen sind.

In diesem Zusammenhang soll noch darauf hingewiesen werden, daß die Tiere nach und während der Streßeinwirkung sistierende bzw. verminderte Futteraufnahme zeigten. Dies steht in Übereinstimmung mit Beobachtungen von WEDEMEYER (1976) und PICKERING et al. (1982).

Kleinere Fische weisen pro Einheit Haut weniger Schleimzellen auf als größere Tiere (ROBERTS et al., 1973; LEONARD und SUMMERS, 1976; TREVISAN und PEDERZOLI, 1984) und scheinen auf Streßeinwirkung mit einer schwächeren Steigerung der Schleimproduktion zu reagieren. Kleine Fische sind auch streßempfindlicher als größere (PARRY, 1958; CHRISTIE und BATTLE, 1963; CONTE und WAGNER, 1965; BLACKSTOCK und PICKERING, 1982), was möglicherweise mit deren geringerer Schleimzellenzahl zusammenhängt.

Aus den eigenen Untersuchungen sowie den Ausführungen in der Literatur (SOIVIO und OIKARI, 1976; WEDEMEYER, 1976; ALBRECHT, 1977; PICKERING et al., 1982; ALEXIS et al., 1984) kann gefolgert werden, daß eine optimale Ausnutzung des Futters sowie die damit verbundene erhöhte Leistung (Gewichtszunahme) nur unter streßfreien Haltungsbedingungen gewährleistet ist,

insbesondere die endogene Proteinausscheidung über den Hautschleim des Fisches kann durch entsprechende Haltungsbedingungen reduziert werden.

5.5. ZUR GRÖSSENORDNUNG ENDOGENER HAUTSCHLEIM-N-VERLUSTE

Wenn die N-Verluste über Hautschleim als - zumindest partielle - Erklärung für den hohen Bruttoproteinbedarf von Fischen (Forelle zu 40%, Karpfen 38%) im Vergleich zu landlebenden Tieren (Schwein 13-20%, Geflügel 17-25%) herangezogen werden sollen, müssen sie die Haut-N-Verluste dieser landlebenden Tiere deutlich überschreiten.

Für Säuger gilt die Größenordnung von $20 \text{ mg N/Kg}^{0,75}$ und Tag als brauchbare Schätzung von Haut- und Haarverlusten. Bei Forellen unter Normalbedingungen werden annähernd $0,036 \text{ mg N/g}^{0,84}$ und Tag errechnet. Dieser Wert liegt im Bereich der landlebenden Tiere (20 mg für 1 kg Lebendmasse, bei 12 mg/1 kg Forellenlebensmasse). Wenn große Haut-N-Verluste für den hohen Bruttoproteinbedarf von Forellen verantwortlich wären, hätten Werte erwartet werden müssen, die den gemessenen um den Faktor 5-10 überschreiten. Insofern darf - unter Einbeziehung aller Schätzfehler - wohl geschlossen werden, daß endogene N-Verluste über den Hautschleim zur Erklärung des hohen Proteinbedarfs von Forellen wenig beitragen können.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die endogene N-Ausscheidung über den Hautschleim innerhalb 24 Stunden wurde bei 126 Forellen unter Normalbedingungen sowie bei 49 Forellen unter Einwirkung von Streßfaktoren (Berührungssreiz, erhöhte Salzkonzentration des Wassers, erhöhte Wassertemperatur) bestimmt.

Sowohl bei Fischen, welche unter Normalbedingungen gehalten wurden, als auch bei jenen, welche direkten Streßeinwirkungen ausgesetzt waren, bestand eine Beziehung zwischen der Lebendmasse der Tiere und der jeweils von der Haut in 24 Stunden produzierten bzw. abstreifbaren N-Menge.

Für Normalbedingungen ergab sich folgende Regressionsgleichung:

$$y \text{ (mg N/24h)} = 0,035 \cdot LM(g)^{0,84} \quad (P < 0,001, \text{ B: } 0,671).$$

Die Schleim-N-Menge war unter Streßbedingungen deutlich erhöht:

$$y \text{ (mg N/24h)} = 0,021 \cdot LM(g)^{1,07} \quad (P < 0,001, \text{ B: } 0,644)$$

Die Fehlerquellen wurden diskutiert.

6.1. SUMMARY

Endogenous Nitrogen - Losses via skin mucous of Rainbow trout (*S. gairdneri* R.)

The quantitative endogenous protein excretion over a 24 hour period was measured in the skin mucous of 126 fish which were held under normal experimental conditions and 49 fish held under stressful experimental conditions (handling, different saltwater conditions, high water temperature).

There was a direct relationship between the bodyweight of the fish and the amount of protein excreted in the mucous over a 24 hour period in both the stressed and non-stressed fish.

The following regression equation was found under normal conditions:

$$y \text{ (mg N/24h)} = 0.035 \cdot LM(g)^{0.84} \quad (P < 0.001, R: 0.671)$$

The mucous-N content under stressful conditions was considerably higher:

$$y \text{ (mg N/24h)} = 0.021 \cdot LM(g)^{1.07} \quad (P < 0.001, R: 0.644)$$

The possible error sources are discussed.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- AGARWAL, S.K., T.K. BANERJEE und A.K. MITTAL
Physiological adaptation in relation to hyperosmotic stress in the epidermis of a fresh-water teleost *Barbus sophor* (Cipriniformes, Cyprinidae): A histochemical study. *Z. Mikrosko. Anat. Forsch.* 93 (1), 51-64 (1979b)
- AGARWAL, S.K., A.K. RAI, T.K. BANERJEE und A.K. MITTAL
Histophysiology of the epidermal mucous cells in relation to salinity in a fresh-water teleost *Heteropneustes fossilis* (Bloch) (Heteropneustidae, Pisces). *Zool. Beitrag* 25 (3), 403-410 (1979a)
- AHMED, A.T.A.
Trichodiniasis of goldfish and other carps. *Bangladesh J. Zool.* 4 (1), 12-20 (1976)
- ALBANESE CARMIGANI, M.P. und G. ZACCONE
Histochemical investigations on the epidermis of the electric fish *Malopterurus electricus* Lacep. (Teleostei: Malopteruridae). *Acta Histochem.* 48, 51-61 (1974)
- ALBANESE CARMIGANI, M.P. und G. ZACCONE
Histochemical analysis of epidermal cells and mucus cells in the skin of *Torpedo ocellata* Rafinesque. *Acta Histochem.* 52, 100-110 (1975)
- ALBRECHT, M.L.
Die Bedeutung von Streßfolgen für den Fischorganismus. *Z. Fischerei DDR* 24, 247-250 (1977)
- ALEXIS, M.N., E. PAPAPARASKEVA PAPOUTSOGLU und S. PAPOUTSOGLU
Influence of acclimation temperature on the osmotic regulation and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) rapidly transferred from fresh water to sea water. *Aquaculture* 40, 333-341 (1984)
- ALLEN, A.
Chemical aspects of mucus. *Br. Med. Bull.* 34 (1), 25-41 (1978)
- ANTHONY, A., E.L. COOPER, R.B. MITCHELL, W.B. NEFF und THIERREN, C.D.
Histochemical and cytophotometric assay of acid stress in freshwater fish. *Water Pollut. Res. Ser.* 18050 DxJ 05/71 (1971)

ASAKAWA, M.

Histochemical studies of the mucus on the epidermis of eel, *Anguilla japonica*.

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 36, 83-87 (1970)

ASAKAWA, M.

Sialic acid-containing glycoprotein in the external mucus of eel, *Anguilla japonica* Temminck et Schlegel.

II. Carbohydrate and amino acid composition.

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 40 (3), 303-308 (1974)

ASAKAWA, M.

Structure of disaccharide from eel skin mucus: Glycoprotein and its linkage to protein moiety.

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 49 (10), 1601-1606 (1983)

AUST, S.

Die Epidermis von *Anguilla vulgaris* F. während seiner Entwicklung.

Zool. Jb. 62, 1-44 (1936)

BALDWIN, E.

Introduction to comparative biochemistry, 3rd ed.

Camb. Univ. press, London (1948)

BALL, J.N.

Prolactin and osmoregulation in teleost fishes: A review.

Gen. Comp. Endocrin., Suppl. 2, 10-25 (1969)

BALL, J.N. und H.I. BAKER

In: "Fish Physiology" (W.S. Hoar and D.J. Randall, eds.).

Vol. II. 1-110, 1969, New York und London: Academic Press.

BALL, J.N. und D.M. ENSOR

Effect of prolactin on plasma sodium in the teleost, *Poecilia latipinna*.

J. Endocrin. 32, 269-270 (1965)

BALL, J.N. und D.M. ENSOR

Specific action of prolactin on plasma sodium levels in hypophysectomized *Poecilia latipinna* (Teleostei).

Gen. Comp. Endocrin. 8, 432-440 (1967)

BALL, J.N. und D.M. ENSOR

Aspects of the action of prolactin on sodium metabolism in cyprinodont fishes.

Coll. inter. C.N.R.S. 177, 215-223 (1969)

- BALL, J.N. und A.M. SLICHER
Influence of hypophysectomy and of an adrenocortical inhibitor (SU3885) on the stress response of the white blood cells in the teleost fish *Mollienisia latipinna*, Le Sueur.
Nature 196, 1331-1332 (1962)
- BANERJEE, T.K. und A.K. MITTAL
Cytochemistry and the function of the mitochondria rich cells in the skin of *Channa striata*.
Indian Sci. Congr. Assoc. Proc. 62, 195 (1975)
- BARRY, J.M. und J. O'ROURKE
Species specificity of fish mucus.
Nature 184 (2), 1039 (1959)
- BARTON, B.A., R.E. PETERS und C.R. PAULENCU
Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport and stocking.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, 805-811 (1980)
- BENNETT, M.F. und C.G. NEVILLE
Effect of cold shock on the distribution of leucocytes in goldfish, *Carassius auratus*.
J. Comp. Physiol. 98, 213-216 (1975)
- BERG, L.S.
Fresh-water fishes of the USSR and adjacent countries, Vol. I. Jerusalem translated by the Israel Program for Scientific Translations (1962)
- BERN, H.A.
Hormones and endocrine glands of fishes.
Science 158, 455-462 (1967)
- BERN, H.A.
Prolactin and osmoregulation.
Am. Zool. 15, 937-948 (1975)
- BERTIN, L.
Peau et pigmentation.
Traité de zoologie (P.P. Grassé, ed.) Vol. 13, 433 (1958)
- BERTMAR, G.
Scanning electron microscopy of olfactory rosette in sea trout.
Z. Zellforsch. 128, 336-346 (1972a)

BERTMAR, G.

Ecostructural studies on olfactory organ in young and adult sea trout (*Osteichthyes*, *Salmonidae*).

Z. Morphol. Tiere 72, 307-330 (1972b)

BIERTHER, M.

Die Chloridzellen des Stichlings.

Z. Zellforsch. 107, 421-446 (1970)

BLACK, E.C.

Alterations in the blood level of lactic acid in certain salmonoid fishes following muscular activity.

K. Kamloops trout, *Salmo gairdneri*.

J. Fish. Res. Bd. Can. 14 (2), 117-134 (1957a)

BLACK, E.C.

Alterations in the blood levels of lactic acid in certain salmonoid fishes following muscular activity.

II. Lake trout, *Salvelinus namaycush*.

J. Fish. Res. Bd. Can. 14 (4), 645-649 (1957b)

BLACK, E.C. und S.J. tredwell

Effect of partial loss of scales and mucus on carbohydrate metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri*).

J. Fish. Res. Bd. Can. 24 (5), 939-951 (1967)

BLACK, V.S.

Changes in the body chloride, density and water content of chum (*Oncorhynchus keta*) and coho (*O. kisutch*) salmon fry when transferred from fresh water into seawater.

J. Fish. Res. Bd. Can. 8, 164-177 (1951)

BLACKSTOCK, N.

Changes in the concentration and histochemistry of the epidermal mucus cells during alevin and fry stages of the brown trout *Salmo trutta*.

J. Zool. 197, 463-471 (1982)

BLACKSTOCK, N. und A.D. PICKERING

Changes in the concentration and histochemistry of epidermal mucus cells during the alevin and fry stages of the brown trout *Salmo trutta*.

J. Zool. London 197, 463-471 (1982)

BLANC-LIVINI, N. und M. ABRAHAM

The influence of environmental salinity on the prolactin and gonadotropin-secreting regions in the pituitary of *Mugil* (Teleostei).

Gen. Comp. Endocrin. 14, 184-197 (1970)

- BLUEM, V.
Zur hormonalen Steuerung des Brutpflegeverhaltens einiger Cichliden.
Zool. Jb. Physiol. 72, 264-294 (1966)
- BLUEM, V. und K. FIEDLER
Der Einfluß von Prolactin auf das Brutpflegeverhalten von *Symphysodon aequifasciata axelrodi* L.P. Schultz (Cichlidae, Teleostei).
Naturwissenschaft. 51, 149-150 (1964)
- BLUM, V.
Immunological determination of injected mammalian prolactin in cichlid fishes.
Gen. Comp. Endocrin. 11, 595-602 (1968)
- BLUM, V.
Experimente mit Teleosteer Prolactin.
Zool. Jb. Physiol. 77, 335-347 (1973)
- BLUM, V. und K. FIEDLER
Hormonal control of reproductive behavior in some Cichlid fish.
Gen. Comp. Endocrin. 5, 186-196 (1965)
- BOLOGNANI-FANTIN, A.M. und L. BOLOGNANI
Observations on the histochemistry and biochemistry of cutaneous mucus of *Anguilla vulgaris*.
Int. Kong. Hist. and Cytochem. 17, 183-184 (1964)
- BOLOGNANI-FANTIN, A.M., P. TREVISAN und M. BAGATOLI
Effect of environmental temperature on the epidermis of minnow *Phoxinus phoxinus* L. A histochemical study and quantitative light microscopy study.
Zool. Jb. Anat. 111, 357-367 (1984)
- BOUCHER-FIRLY, S.
Influence des variations des salinité sur la pression osmotique des eivelles.
C.R. Seanc. Soc. Biol. 110, 247-248 (1932)
- BOUCK, G.R. und R.C. BALL
Influence of capture methods on blood characteristics and mortality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*).
Trans. Am. Fish. Soc. 95, 170-176 (1966)
- BRADSHAW, C.M., A.S. RICHARD und M.M. SIEGEL
IgM antibodies in fish mucus.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 136, 1122-1124 (1971)

BREDER, C.M.

Fish schools as operational structures.
Fish Bull. 76, 471-502 (1976)

BREIPOHL, W., G.J. BIJVANK und H.P. ZIPPEL

Rastermikroskopische Untersuchungen der olfaktorischen
Rezeptoren im Riechepithel des Goldfisches (*Carassius
auratus*).
Z. Zellforsch. 138, 439-454 (1973)

BREMER, H.

Einige Untersuchungen zur Histochemie der seyernierenden
Elemente der Teleosteerepidermis.
Acta Histochem. 43, 28-40 (1972)

BRETT, J.R.

3. Temperature, 3.3 Animals, 3.32 Fishes. Marine Eco-
logy, Vol. 1. p. 515-560
O. Kinne, Wiley (Interscience), New York (1970)

BROWN, B.E., I. INMAN und A. JEARD Jr.

Schooling and shelter seeking tendencies in fingerling
channel catfish.
Trans. Am. Fish. Soc. 99, 540-545 (1970)

BROWN, G.A. und S.R. WELLINGS

Electron microscopy of the skin of the teleost Hippo-
glossoides ellassodon L.
Z. Zellforsch. 103, 149-169 (1970)

BROWN, S., K. FEDORUK und J.G. EALES

Physical injury due to injection or blood removal cau-
ses transitory elevations of plasma thyroxine in rain-
bow trout, *Salmo gairdneri*.
Can. J. Zool. 56, 1998-2003 (1978)

BRULL, L. und Y. CUYPERS

Quelques caracteristiques biologiques de *Lophius pesca-
torius* L.
Arch. int. Physiol. 62, 70-75 (1954)

BULLOCK, G.L.

Pseudomonadales as fish pathogens.
Devel. Indust. Microbiol. 5, 101-108 (1964)

BURDEN, C.E.

The failure of hypophysectomized *Fundulus heteroclitus*
survive fresh water.
Biol. Bull. 110, 8-28 (1956)

- BURTON, D.T.
Ventilatory frequency compensation responses of three eurythermal estuarine fish exposed to moderate temperature increases.
J. Fish Biol. 15, 589-600 (1979)
- CAMERON, A. und R. ENDEAN
Epidermal secretions and the evolution of venom glands in fishes.
Toxican. 11, 401-410 (1973)
- CAPRIO, J.
High sensitivity and specificity of olfactory and gustatory receptors of catfish to amino acids.
In: "Chemoreception in Fishes" (ed. by Hara, T.J.), p. 109-134, Elsevier Scient. Publs. Comp. Amsterdam (1982)
- CARR, W.E.S.
Chemical stimulation of feeding behavior. In: "Chemoreception in Fishes" (ed. by Hara, T.J.), p. 259-273.
Elsevier Scient. Publs. Comp. Amsterdam (1982)
- CHAN, K.O., J.I. CHESTER und W. MOALWY
Pituitary and adrenocortical factors in control of water and electrolyte composition of the freshwater European eel (*Anguilla anguilla* L.).
J. Endocr. 42, 91-98 (1968)
- CHAVIN, W. und J.E. YOUNG
Factors in the determination of normal serum glucose levels of goldfish, *Carassius auratus* L.
Comp. Biochem. Physiol. 33, 629-653 (1970)
- CHOW, T.J., C.C. PATTERSON und D. SETTLE
Occurrence of lead in tuna.
Nature 251, 159-161 (1974)
- CHRISTIE, R.M. und K.I. BATTLE
Histological effects of 3-trifluoromethyl-4-nitrophenol (TFM) on the larval lamprey and trout.
Can. J. Zool. 41, 51-61 (1963)
- CLAMP, J.M., A. ALLEN, R.A. GIBBONS und G.P. ROBERTS
Constituents of mucus and their separation.
Br. Med. Bull. 34 (1), 25-41 (1978)
- CONTE, F.P.
Salt secretion, in: "Fish Physiology", Vol. I (W.S. Hoar and D.J. Randall, eds.), Academic Press, New York und London, p. 241-292 (1969)

CONTE, F.P. und H.H. WAGNER

Development of osmotic and ionic regulation in juvenile steel head trout, *Salmo gairdneri*.
Comp. Biochem. Physiol. 14, 603-620 (1965)

COOMBS, T.L., T.C. FLETCHER und A. WHITE

Interaction of metal ions with mucus from the plaice (*Pleuronectes platessa* L.).
Biochem. J. 128, 128-129 (1972)

COPELAND, D.E.

Adaptive behavior of the chloride cells in the gills of *Fundulus heteroclitus*.
J. Morph. 87, 369-379 (1950)

CREETH, J.M.

Constituents of mucus and their separation.
Br. Med. Bull. 34 (1), 17-24 (1978)

DAINTY, J. und C.R. HOUSE

"Unstirred Layers" in frog skin.
J. Physiology 182, 66-78 (1966)

DANIEL, T.L.

Fish mucus: in situ measurements of polymer drug reduction.
Biol. Bull. 160, 376-382 (1981)

DAYE, P.G. und E.T. GARSIDE

Lethal levels of pH for brook trout. *Salvelinus fontinalis* (Mitchell).
Can. J. Zool. 53, 639-641 (1975)

DAYE, P.G. und E.T. GARSIDE

Histopathologic changes in surface tissue of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchell), exposed to acute and chronic levels of pH.
Can. J. Zool. 54, 2140-2155 (1976)

DHARMAMBA, M.

Studies on the effects of hypophysectomy and prolactin on plasma osmolarity and plasma sodium in *Tilapia mossambica*.
Gen. Comp. Endocrin. 14, 256-269 (1970)

DHARMAMBA, M., R.I. HANDIN, J. JANDI und H.A. BERN

Effect of prolactin on fresh-water survival and on plasma osmotic pressure of hypophysectomized *Tilapia mossambica*.
Gen. Comp. Endocrin. 9, 295-302 (1967)

- DHARMAMBA, M. und R.S. NISHIOKA
Response of "prolactin secreting" cells of *Tilapia mos-sambica* to environmental salinity.
Gen. Comp. Endocrin. 10, 409-420 (1968)
- DI CONZA, J.J. und W.J. HALLIDAY
Relationship of catfish serum antibodies to immunoglobulin in mucus secretion.
Aust. J. Exp. Biol. med. Sci. 49, 517-519 (1970)
- DI CONZA, J.J. und W.J. HALLIDAY
Relationship of catfish serum antibodies to immunoglobulin in mucus secretions.
Aust. J. Exp. Biol. Med. 49, 517-519 (1971)
- DONALDSON, E.M. und J.R. McBRIDE
The effects of hypophysectomy on the rainbow trout *Salmo trutta gairdneri* (Rich.) with special reference to the pituitary axis.
Gen. Comp. Endocrin. 9, 93-101 (1967)
- DOWNING, S.W. und R.R. NOVALES
The fine structure of lamprey epidermis. I. Introduction and mucus cells.
J. Ultrastruct. Res. 35, 282-294 (1971a)
- DOWNING, S.W. und R.R. NOVALES
The fine structure of the lamprey epidermis. II. Club cells.
J. Ultrastruct. Res. 35, 295-303 (1971b)
- DOWNING, S.W. und R.R. NOVALES
The fine structure of the lamprey epidermis. III. Granular cells.
J. Ultrastruct. 35, 304-313 (1971c)
- DOYLE, W.L. und D. GORECKI
The so-called chloride cell of the fish gill.
Physiol. Zool. 34, 81-85 (1961)
- EDWARDS, D.J.
Salmon and trout farming in Norway.
Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, Great Britain (1978)
- EGNAMI, N. und S. ISHII,
Hypophyseal control of reproductive functions in teleost fishes.
Gen. Comp. Endocrin., Suppl. 1, 248-253 (1962)
- EISLER, R.
Radiocadmium exchange with seawater by *Fundulus heteroclitus* (L.) (Pisces, Cyprinodontidae).
J. Fish Biol. 6, 606-612 (1974)

EISLER, R. und G.R. GARDNER

Acute toxicity to an estuarine teleost of mixtures of cadmium, copper and zinc.
J. Fish Biol. 5, 131-142 (1973)

ENOMOTO, N., H. NAGATAKE und Y. TOMIYASU

Studies on the external mucus substances of fishes -
VII. Quantitative analysis of the mucus-polysaccharide
of some fish.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 29 (6), 542-545 (1963)

ENSOR, D.M. und J.N. BALL

Prolactin and osmoregulation in fishes.
Fed. Proc. 31, 1615-1623 (1972)

FAUCONNEAU, B. und P. SAGLIO

Protein-bound and free amino acid content in the skin
mucus of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.).
Comp. Biochem. Physiol. 77b (3), 513-516 (1984)

FISHELSON, L.

Observations on skin structure and sloughing in stone
fish *Synanceja verrucosa* and related fish species as a
functional adaptation to their mode of life.
Z. Zellforsch. 140, 497-508 (1973)

FLETCHER, T.C. und P.T. GRANT

Glycoproteins in the external mucous secretion of the
Plaice, *Pleuronectes platessa* and other fishes.
Biochem. J. 106, paper 12 (1968)

FLETCHER, T.C. und P.T. GRANT

Immunoglobulins in the serum and mucus of Plaice (*Pleuronectes platessa*).
Biochem. J. 115, paper 65 (1969)

FLETCHER, T.C., R. JONES und L. REID

Identification of glycoproteins in goblet cells of epidermis and gill in plaice (*Pleuronectes platessa* L.), flounder (*Platichthys flesus* L.), and rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson).
Histochem. J. 8, 597-608 (1976)

FLETCHER, T.C. und A. WHITE

Biochem. J. 128 (1972)

FLETCHER, T.C. und A. WHITE

Lysozyme activity in plaice *Pleuronectes platessa* (L.).
Experientia 29, 1282-1285 (1973a)

- FLETCHER, T.C. und A. WHITE
Antibody production in the plaice (*Pleuronectes platessa* L.) after oral and parenteral immunization with *Vibrio anguillarum* antigens.
Aquaculture 1, 417-428 (1973b)
- FREEMAN, J.A.
Fine structure of the goblet cell mucus secretory process.
Anat. Rec. 44, 341-345 (1962)
- FROMM, P.O.
Some quantitative aspects of ion regulation in teleosts.
Comp. Biochem. Physiol. 27, 865-869 (1968)
- FRY, F.E.J.
Animals in aquatic environments: fishes, in: "Handbook of Physiology" (D. Dill, ed.) Section 4: Adaptation to the environment.
Am. Physiol. Soc. Wash. D.C., 715-728 (1964)
- FUJII, R.
Chromatophores and pigments, in: "Fish Physiology" (W.S. Hoar and D.J. Randall, eds.), Academic Press Inc., New York (1971)
- GARCIA-ROMEY, F. und A. MASONI
Sur la mise en évidence des cellules à chlorure de la branchie des poissons.
Arch. anat. micr. Morph. Exp. 59, 289-294 (1970)
- GIBBONS, R.A.
Chemical properties of two mucoids from bovine cervical mucin.
Biochem. J. 73, 209-217 (1959)
- GIRIN, M. und Y. HARACHE
L'élevage des poissons en eau de mer: nouveaux résultats Français en matière de recherche et de développement, in: T.V.R. Pillay und W.A. Dill (eds.), *Advances in Aquaculture*. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, Great Britain, 173-179 (1979)
- GONA, O.A.
A comparative study of fish mucus cells.
Anat. Rec. 193, 552 (1979a)
- GONA, O.A.
Mucus glycoproteins of teleostean fish: a comparative histochemical study.
Histochem. J. 11, 709-718 (1979b)

GORDON, M.S.

Osmotic and ionic regulation in Scottish brown trout and sea trout, *Salmo trutta* (L.)
J. Exp. Biol. 36, 253-260 (1959)

GORDON, M.S.

Chloride exchange in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) adapted to different salinities.
Biol. Bull. 124, 45-54 (1963)

GOSWAMI, S.V., I. PARWEZ und B.I. SUNDARARAY

Some aspects of osmoregulation in a stenohaline fresh water catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), in different salinities.
J. Fish Biol. 23, 475-487 (1983)

GRAFFLIN, A.L.

Urine flow and diuresis in marine teleosts.
Amer. J. Physiol. 97, 602-610 (1931)

GREENE, W.C.

The physiology of the spawning migration.
Physiol. Rev. 6, 201-204 (1926)

GREY, I.E.

Comparative study of the gill area of marine fishes.
Biol. Bull. 107, 219-225 (1954)

GRONOW, G.

Über die Anwendung des Säugetieren erarbeiteten Begriffes "Streß" auf Knochenfische.
Zool. Anzeiger 192, 316-331 (1974)

HANE, S., O.H. ROBERTSON, B.C. WEXLER und M.A. KRUPP

Adrenocortical response to stress and ACTH in Pacific salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*) at successive stages in the sexual cycle.
Endocrin. 78, 791-800 (1966)

HARA, T.J.

Structure-activity relationships of amino acids as olfactory stimuli, in: "Chemoreception in Fishes" (Hara, T.J., ed.), pp. 135-158, Elsevier Scient. Publs. Comp., Amsterdam (1982)

HARRELL, L.W., J.M. ETLINGER und H.O. HODGINS

Humeral factors important in resistance of salmonid fish to bacterial disease. II. Anti-vibrio anguillarum activity in mucus and observations on complement.
Aquaculture 7, 363-370 (1976)

HARRIS, J. und S. HUNT

Epithelial mucins of the atlantic salmon (*Salmo salar* L.)
Trans. Biochem. 1, 153-155 (1973)

HARRIS, J. und S. HUNT

The fine structure of the epidermis of two species of salmonid fish, the atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and the brown trout (*Salmo trutta* L.). I. General organization and filament-containing cells.
Cell Tiss. Res. 157, 553-565 (1975a)

HARRIS, J. und S. HUNT

The fine structure of the epidermis of two species of salmonid fish, the atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and the brown trout (*Salmo trutta* L.). II. Mucous cells.
Cell Tiss. Res. 163 (4), 535-541 (1975b)

HARRIS, J.E., A. WATSON und S. HUNT

Histochemical analysis of mucous cells in the epidermis of brown trout *Salmo trutta* L.
J. Fish Biol. 5 (3), 345-351 (1973)

HASHIMOTO, H. und J. YOSHIMURA

Chemical composition of glycoproteins and glycopeptides.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43 (11), 1319-1325 (1977)

HAWKES, J.

The structure of fish skin. I. General organization.
Cell Tiss. Res. 149, 147-158 (1974)

HEATH, A.G. und G.M. HUGHES

Cardiovascular and respiratory changes during heat stress in rainbow trout (*Salmo gairdneri*).
J. Exp. Biol. 59, 323-338 (1973)

HEMMINGS, C.C.

The mechanism of orientation of roach, *Rutilus rutilus* L. in an odour gradient.
J. Exp. Biol. 45, 465-474 (1966)

HENDRICKSON, R.C. und A.G. MATOLTSY

The fine structure of teleost epidermis. I. Introduction and filament-containing cells.
J. Ultrastruct. Res. 21, 194-212 (1968a)

HENDRICKSON, R.C. und A.G. MATOLTSY

The fine structure of teleost epidermis. II. Mucous cells.
J. Ultrastruct. Res. 21, 213-221 (1968b)

- HENDRICKSON, R.C. und A.G. MATOLTSY
The fine structure of teleost epidermis. III. Club cells and other cell types.
J. Ultrastruct. Res. 21, 222-232 (1968c)
- HILDEMAN, W.
A cichlid fish *Symphysodon discus* with unique nurture habits.
Am. Nat. 93, 27-34 (1959)
- HILDEMAN, W.
Immunogenic studies of poikilothermic animals.
Am. Nat. 96, 195-204 (1962)
- HIRANO, T. und N. MAYER-GOSTAN
"Endocrine control of osmoregulation in fish", in: P.J. Gaillard and H.H. Boer (eds.), Comparative Endocrinology, Elsevier/North Holland, Amsterdam, 209-212 (1978)
- HJLMELAND, K., M. CHRISTIE und A. RAA
Skin mucus protease from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, and its biological significance.
J. Fish. Biol. 23 (1), 13-22 (1983)
- HOACHACHKA, P.W. und F.R. HAYES
The effect of temperature acclimation on pathways of glucose metabolism in the trout.
Can. J. Zool. 20, 261-270 (1962)
- HOAR, W.S. und M.K. COTTLE
Dietary fat and temperature tolerance of goldfish.
Can. J. Zool. 30, 41-48 (1952)
- HOLMES, W.N. und E.M. DONALDSON
The body compartments and the distribution of electrolytes. In: "Fish Physiology" (W.S. Hoar and D.J. Randall, ed.).
Vol. I, 1-89, New York Academic Press (1969)
- HOMES, W.N. und L.N. LOCKWOOD
Some aspects of osmoregulation in the barred surfperch (*Amphistichus argenteus*).
J. Zool. London 161, 1-14 (1970)
- HOUSTON, A.H.
Osmoregulation adaptation of steelhead trout, *Salmo gairdneri* (Richardson) to seawater.
Can. J. Zool. 37, 729-748 (1959)

- HOUSTON, A.H.
Influence of size upon the adaptation of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to seawater.
J. Fish. Res. Bd. Can. 28, 401-415 (1961)
- HOUSTON, A.H., M.A. DEWILDE und J.A. MADDEN
Some physiological consequences of aortic catheterization in brook trout, *Salvelinus fontinalis*.
J. Fish. Res. Bd. Can. 26, 1847-1856 (1969)
- HOUSTON, A.H., J.A. MADDEN, R.A. WOODS und H.M. MILES
Some physiological effects of handling and tricaine methanesulphonate anesthesia upon the brook trout, *Salvelinus fontinalis*.
J. Fish. Res. Bd. Can. 28 (5), 625-633 (1971a)
- HOUSTON, A.H., J.A. MADDEN, R.J. WOODS und H.M. MILES
Variations in the blood and tissue chemistry of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, subsequent to handling, anesthesia and surgery.
J. Fish. Res. Bd. Can. 28 (5), 635-642 (1971b)
- HOUSTON, A.H., K.M. MEAROW und J.S. SMEDA
Further observations upon the hemoglobin systems of thermally-acclimated fresh water teleosts: Pumpkinseed (*Leponis gibbosus*), white sucker (*Catostomus commersoni*), carp (*Cyprinus carpio*), goldfish (*Carassius auratus*) and carp-goldfish hybrids.
Comp. Biochem. Physiol. 54A, 267-273 (1976)
- HOYT, J.W.
A turbulent flow rheometer.
Am. Soc. Mech. Eng. App. Mech. and Fluid Eng. Conf. 71-82 (1965)
- HOYT, J.W.
Hydrodynamic drag reduction due to fish slime. In: "Swimming and flying in nature". Eds. T.V.T. Wu, C.J. Brokaw, 653-673 (1975)
- INGLETON, P.M., B.I. BAKER und J.N. BALL
Secretion of prolactin and growth hormone by teleost pituitary in vitro: I. Effect of sodium concentration and osmotic pressure during short-term incubation.
J. Comp. Physiol. 87, 317-328 (1973)
- INGRAM, G.A.
Substances involved in the natural resistance of fish to infection - A review.
J. Fish Biol. 16, 23-60 (1980)

ISAIA, J.

Comparative effects of temperature on the sodium and water permeabilities of the gills of a stenohaline fresh water fish (*Carassius auratus*) and a stenohaline marine fish (*Seranus scriba*, *cabrilla*).
J. Exp. Biol. 57, 359-366 (1972)

JACOBS, D.

Morphological changes in gill epithelial of heat-stressed rainbow trout, *Salmo gairdneri*: Evidence of support of a temperature-induced surface area change hypothesis.
Can. J. Fish Aquat. Sci. 38 (1), 16-22 (1981)

JAKOWSKA, S.

Mucus secretion in fish - a note.
Ann. N.Y. Acad. Sci. 106, 458-462 (1962)

JENKINS, J.T.

The fish of the British Isles.
London: F. Warne (1946)

JIMBO, G., T. SHIBUKAWA, K. SODA und K. KIMURA

Electron microscope observation on epidermis of teleost, *Salmo irideus*.
Bull. Yamaguchi Med. Sch. 10, 49-52 (1963)

JOHANSEN, P.H.

The role of pituitary in resistance of goldfish (*Carassius auratus* L.) to high temperatures.
Can. J. Zool. 45, 329-345 (1976)

JOHNSON, D.W.

Endocrine control of hydromineral balance in Teleosts.
Am. Zool. 13, 799-818 (1973)

JONES, SIR F.A.

Advances in Experimental Medicine and Biology, Vol. 89, Plenum Press, New York, London, ed. by Max Elstein and Dennis V. Parke (1971)

JONES, SIR F.A.

Mucus: Introduction.
Br. Med. Bull. 34 (1) (1978)

JOZUKA, K.

Chloride excreting and mucus secreting cells in the gills of the Japanese common eel, *Anguilla japonica*.
Annot. Zool. Japan 39, 202-210 (1966)

KAJI, M., Y. SATOU, K. KUDO UEDA und A. GORBMAN

Spectral analysis of olfactory responses of adult spawning chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to stream waters.
Comp. Biochem. Physiol. 51A, 711-716 (1975)

KANN, S.

Die Histologie der Fischhaut von biologischen Gesichtspunkten betrachten.

Z. Zellforsch. 4, 482-514 (1926)

KARNAKY, K.J. Jr., S.A. ERNST und C.W. PHILPOTT

Teleost Chloride Cell. I. Response of pupfish *Cyprinodon variegatus* Gill, Na., K-ATPase and chloride cell fine structures to various high salinity environments. J. Cell Biol. 70 (1), 144-156 (1976)

KAWAGUTI, S.

Electron microscopy on the cornification of the epidermis of the fish scale with special reference to the mucus cell. Biol. J. Okayama Univ. 12, 47-56 (1966)

KENNLEYSIDE, M.H.A.

Some aspects of the schooling behavior of fish. Behavior 8, 183-248 (1955)

KEYS, A. und E.N. WILLMER

"Chloride cells" in the gills of fishes, with a special reference to the common eel.

J. Physiol., London 76, 368-378 (1932)

KIMIYA, M.

Changes in ion and water transport isolated gills of the cultured eel during the course of salt adaptation. Annot. Zool. Japan 40, 123-129 (1967)

KIRSCH, R.

The kinetics of peripheral exchange of water and electrolytes in the silver eel (*Anguilla anguilla* L.) in fresh water and in seawater.

J. Exp. Biol. 57, 489-512 (1972)

KIRSCHNER, L.B.

External charge layer and Na⁺ regulation. In: Alfred Benzon Symp. XI. Osmotic and volume regulation. Academic Press, New York (1977)

KITZAN, S.M. und P.R. SWEENEY

A light and electron microscope study of the structure of *Protopterus annectens* epidermis. I. Mucus production. Can. J. Zool. 46, 767-772 (1968)

KUECHLE, H.M.

Futterwert und Verträglichkeit von Probion FM 430 bei Regenbogenforellen (*S. gairdneri*)
Med. Vet. Diss., München (1981)

LAHLOU, B., D. CRENESSE, A. BENSAHLIA-TALET und J. FORTHE-NIBELLE

J. Physiol. Paris 70, 593-603 (1975)

LAM, T.J.

Effect of prolactin on plasma electrolytes on the early winter marine threespinedstickleback, *Gasterosteus aculeatus* form *trachurus* following transfer from seawater to freshwater.

Can. J. Zool. 46, 1095-1097 (1968)

LAM, T.J.

The effect of prolactin on osmotic influx of water in isolated gills of the marine threespinedstickleback *Gasterosteus aculeatus* L., form *trachurus*.

Comp. Biochem. Physiol. 31, 909-913 (1969)

LAM, T.J.

Prolactin and hydromineral regulation in fishes.

Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 3, 328-338 (1972)

LAMB, D. und L. REID

Mitotic rates, goblet cell increase and histochemical changes in mucus in rat bronchial epithelium during exposure to sulphur dioxide.

J. Path. Bact. 96, 97-111 (1968)

LANDLESS, P.J.

Acclimation of rainbow trout to seawater.

Aquaculture 7, 173-179 (1976)

LASKER, R. und L.T. THREADGOLD

Chloride cells in the skin of the larval sardine.

Exp. Cell Res. 52, 582-590 (1968)

LAWRY, J.V.

The olfactory epithelium of the lantern fish, *Terleton-beania crenularis* (Myctophidae).

Z. Zellforsch. 138, 31-39 (1973)

LEATHERLAND, J.F. und T.J. LAM

Effect of prolactin on the density of mucus cells on the gill filaments of the marine form (*Trachurus*) of the threespinedstickleback, *Gasterosteus aculeatus* L.

Can. J. Zool. 47, 787-792 (1969)

LEATHERLAND, J.F. und B.A. McKEOWN

Circadian rhythm in the plasma levels of prolactin in goldfish, *Carassius auratus* L.

J. Interdiscip. Cycle Res. 4, 137-143 (1973)

- LEATHERLAND, J.F. und R.A. SONSTEGARD
Lowering of serum thyroxine and triiodothyronine levels
in yearling coho salmon, *Oncorhynchus kistutch* by dietary Mirex and PBC's.
J. Fish. Res. Bd. Can. 35, 1285-1289 (1978)
- LEBEDEVA, N.Z. und A.B. BURKALOW
Lipoproteins, mucopolysaccharides and isoenzymes in
skin and mucus of *Phoxinus phoxinus*.
J. Evol. Biochem. Physiol. 9, 460-462 (1973)
- LEHTONEN, A., J. KAERKKAINEN und E. HAAHTI
Carbohydrate components in the epithelial mucin of hagfish, *Myxine glutinosa*.
Acad. Scan. 20 (4-6), 1456-1462 (1966)
- LELOUP-HATEY, J.
Influence de l'agitation motrice sur la teneur du plasma on 17-hydroxycorticosteroides d'un teleosteen: le carpe (*Cyprinus carpio* L.).
Cr. hebd. Seanc. Acad. Sci., Paris 246, 1088-1091 (1958)
- LEMOINE, A.M. und M. OLIVEREAU
Presence d'acide N-acetylneuraminique dans la peau d'*Anguilla* L.
Z. Vergl. Physiol. 73, 22-33 (1971)
- LEMOINE, A.M. und M. OLIVEREAU
Action du cortisol sur l'acide N-acetylneuraminique cutane chez l'*Anguilla* intacte et hypophysectomisée en eau douce et apres transfer en eau de mer.
Acta Zool. 55, 255-261 (1974)
- LEONARD, J.B. und R.G. SUMMERS
The ultrastructure of the integument of the American eel, *Anguilla rostrata*.
Cell. Tiss. Res. 171, 1-30 (1976)
- LEPPI, T.J.
Morphochemical analyses of mucus cells in the skin and slime glands of hagfish.
Histochem. 15, 68-78 (1968)
- LEWIS, R.W.
Fish cutaneous mucus: A new source of skin surface lipids.
Lipids 5 (11), 947-949 (1970)
- LEYDIG, R.
Über die Haut einiger Süßwasserfische.
Ztschr. wiss. Zool. Vol. 3,4 (1851)

LEYDIG, F.

Neue Beiträge zur anatomischen Kenntnis der Hautdecke
und Hautsinnesorgane der Fische.
Festschr. naturf. Ges. in Halle (1879)

LEYDIG, F.

Integument und Hautsinnesorgane der Knochenfische.
Zool. Jahrb. Vol. 8 (1895)

LING, S.C. und T.Y. LING

Anamolous drag-reducing phenomenon at a water/fish-mu-
cus or polymer interface.
J. Fluid Mech. 65, 499-512 (1974)

LIST, J.H.

Über den Bau, die Sekretion und den Untergang von Drü-
senzellen.
Biol. Ztrbl. Vol. 5, No. 22 (1885/86)

LIST, J.H.

Über den feineren Bau Schleim produzierender Drüsenz-
ellen, nebst Bemerkungen über den Sekretionsprozess.
Anat. Anz. 4. Jahrg. (1889)

LOPEZ-VIDRIERO, M.T., R. JONES und L. REID

Analysis of skin mucus of plaice *Pleuronectes platessa* L.
J. Comp. Path. 90 (3), 415-420 (1980)

LOPEZ-Vidriero, M.T. und L. REID

Chemical markers of mucus and serum glycoproteins and
their relation of viscosity in mucoid and purulent spu-
tum from various hypersecretory diseases.
Am. Review of Respiratory Disease 117, 465-477 (1978)

LOVE, R.M.

The chemical biology of fishes.
Academic Press, London, New York, p. 262 (1970)

MAETZ, J.

Salt and water metabolism. In: "Perspectives in Endocri-
nology: Hormones in the Life of Lower Vertebrates" (E.J.
W. Barrington and C.B. Jorgensen, eds.), Academic Press,
pp. 47-162 (1968)

MAETZ, J. und D.H. EVANS

Effects of temperatures on branchial sodium-exchange
and extrusion mechanisms in the seawater adapted floun-
der *Platichthys flesus* L.
J. Exp. Biol. 56, 565-585 (1972)

- MAETZ, J., N. MAYER und N.M. CHARTIER-BARADUE
La balance minérale du sodium chez *Anguilla anguilla* en eau de mer, en eau douce et au cours de transfert d'un milieu à l'autre: Effets de l'hypophysectomie et de la prolactine.
Gen. Comp. Endocrin. 8, 177-188 (1967)
- MARSHALL, W.S.
Effects of hypophysectomy and ovine prolactin on the epithelial mucus-secreting cells of the Pacific staghorn sculpin, *Leptocottus armatus* (teleostei: Cottidae).
Can. J. Zool. Oct. 54, 1604-1609 (1976)
- MARSHALL, W.S.
Transepithelial potential and short circuit current across the isolated skin of *Gillichthys mirabilis* (Teleostei: Gobiidae), acclimated to 5% and 100% seawater.
J. Comp. Physiol. 114 (2), 157-165 (1977)
- MARSHALL, W.S.
On the involvement of mucus secretion in teleost osmoregulation.
Can. J. Zool. 56 (6), 1088-1091 (1978)
- MARSHALL, W.S.
Effects of salinity acclimation, prolactin, growth hormone and cortisol on the mucus cells *Lepidosteus armatus*.
Gen. Comp. Endo. 37, 358-368 (1979)
- MATEI, V.E. und A.D. KHARAZOVA
The involvement of chloride and mucus cells of crician gill epithelium in the adaptation to high environmental salinity.
Tsitolosya 25 (9), 1031-1036 (1983)
- MATTHEIJ, J.A. und J.A.P. SPRANGERS
The site of prolactin secretion in the adenohypophysis of the stenohaline teleost, *Anoptichthys jordani*, and the effects of this hormone on mucus cells.
Z. Zellforsch. Mikroskop. Anat. 99, 411-419 (1969)
- MATTHEIJ, J.A. und H.W.J. STROBAND
The effects of osmotic experiments and prolactin on the mucus cells in the skin and ionocytes in the gills of the teleost *Cichlasoma biocellatum*.
Z. Zellforsch. 121, 93-101 (1971)
- MAYER, N. und J. MAETZ
Axe hypophyso-interrenalien et osmoregulation chez l'anguille en eau de mer. Etude de l'animal intact avec notes sur les perturbations de l'équilibre minérale produites par l'effet de "choc".
C.r. hebdom. Seanc. Acad. Sci. Paris 264, 1632-1635 (1967)

MAZEAUD, F.

Vitesse de production de l'hyperglycémie adrélinique
on fonction de la température chez la carpe. Intensité
de la réponse on fonction de la dose d'hormone.
C.R. Soc. Biol. 158, 36-40 (1964)

MAZEAUD, F., F. MAZEAUD und E. DONALDSON

Primary and secondary effects of stress in fish: some
new data with a general review.
Trans. Am. Fish. Soc. 106 (3), 201-212 (1977)

MAZEAUD, M.

Influence de divers facteurs sur l'adrénalinémie et de
la noradrénalinémie de la carpe.
C.R. Soc. Biol. 158, 2018-2021 (1964)

MAZEAUD, M.

Recherches sur la biosynthèse, la sécrétion et la cata-
bolisme de l'adrénaline et de la noradrénaline chez
quelques espèces de cyclostomes et de poissons.
Ph.D. Thesis, $\hat{s}$ -Sciences, Université de Paris, 130 pp
(1971)

Mc CARTHY, C. und L. REID

Acid mucopolysaccharides in the bronchial tree and in
the mouse and rat (Sialomucin and sulphate)
Q. Jl. Exp. Physiol. 49, 81-8 (1964)

Mc FARLAND, W.M. und S.A. MOSS

Internal behavior in fish schools.
Science (Wash., D.C.) 156, 260-262 (1967)

Mc FARLAND, W.N. und F.W. MUNZ

Regulation of body weight and serum composition of hag-
fish in various media.
Comp. Biochem. Physiol. 14, 383-398 (1965)

Mc KONE, C.E., R.G. YOUNG, C.A. BACHE und D.J. LISK

Rapid uptake of mercuric ion by goldfish.
Environ. Sci. Technol. 5, 1138-1139 (1971)

Mc LEAY, D.J.

Effect of ACTH on the pituitary-interrenal axis and
abundance of white blood cell types in juvenile coho
salmon, *Oncorhynchus kisutch*.
Gen. Comp. Endocrin. 21, 431-440 (1973)

Mc LEAY, D.J.

Variations in the pituitary-interrenal axis and the abun-
dance of circulating blood-cell types juvenile coho sal-
mon, *Oncorhynchus kisutch*, during stream residence.
Can. J. Zool. 53, 1881-1891 (1975)

- MERRILEES, M.J.
Epidermal fine structures of the Teleost *Esox americanus* (Esocidae, Salmoniformes).
J. Ultrastruct. Res. 47, 272-283 (1974)
- MILNE, R.S., J.F. LEATHERLAND und B.J. HOLUB
Changes in plasma thyroxine triiodothyronine and cortisol associated with starvation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*).
Env. Biol. Fish. 4, 185-190 (1979)
- MITTAL, A.K. und T.K. BANERJEE
Structure and keratinization of the skin of a fresh water teleost *Notopterus notopterus* (Notopteridae, Pisces).
J. Zool. Proc. Zool. Soc. London 174, 341-355 (1974)
- MITTAL, A.K. und T.K. BANERJEE
A histochemical study of the epidermal keratinization in the skin of a fresh water teleost, *Bagarius bagarius* (Ham.) (Sisoridae, Pisces).
Mikroskopie 30, 337-348 (1975a)
- MITTAL, A.K. und T.K. BANERJEE
Histochemistry and the structure of the skin of a murrel, *Channa striata* (Bloch, 1797) (Channiformes, Chanidae).
Can. J. Zool. 53, 833-843 (1975b)
- MITTAL, A.K. und J.S. MUNSHI DATTA
Histochemical and autoradiographic studies of skin glands of *Rita rita* (Ham.) (Bagridae, Pisces).
Mikroskopie 24, 193-205 (1969)
- MITTAL, A.K. und J.S. MUNSHI DATTA
Structure of the integument of a fresh water teleost, *Bagarius bagarius* (Ham.) (Sisoridae, Pisces).
J. Morph. 130, 3-10 (1970)
- MITTAL, A.K. und J.S. MUNSHI DATTA
A comparative study of the structure of the skin of certain air breathing fresh water teleosts.
J. Zool. 163, 515-532 (1971)
- MITTAL, A.K., M. WHITEAR und S.K. AGARWAL
Fine structure and histochemistry of the fish *Monopterus albus*.
J. Zool. 191 (1), 107-125 (1980)
- MOTAIS, R. und J. ISAIA
Temperature dependence of permeability to water and to sodium of the gill epithelium of the eel *Anguilla anguilla*.
J. Exp. Biol. 56, 587-600 (1972)

- MOTAIS, R., J. ISAIA, J.C, RANKIN und J. MAETZ
Adaptive changes of the water permeability of the teleost gill epithelium in relation to external salinity.
J. Exp. Biol. 51, 529-546 (1969)
- MÜLLER, J. und H. REICHENBACH
Untersuchungen über das Hautsekret der Fische.
Z. Physiol. Chem. 92, 56-74 (1914)
- MUNSHIU, I.S.D.
"Chloride cells" in the gills of fresh water teleosts.
Quart. J. Microscopi. Sci. 105, 79-89 (1964)
- MUNZ, F.W. und W.N. McFARLAND
Regulatory function of a primitive vertebrate kidney.
Comp. Biochem. Physiol. 13, 381-400 (1964)
- MURRAY, C.K. und T.L. FLETCHER
The immunohistochemical localization of lysozyme in plaice (*Pleuronectes platessa* L.) tissues.
J. Fish Biol. 9, 329-334 (1976)
- NAKANO, T. und N. TOMLINSON
Catecholamine and carbohydrate concentrations in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to physical disturbance.
J. Fish. Res. Bd. Can. 24 (8), 1701-1715 (1967)
- NARASIMHAM, C. und V. PARVATHESWARAO
Adaptations to osmotic stress in a fresh water euryhaline teleost, *Tilapia mossambica*: X. Role of mucopolysaccharides.
Acta Histochem. (Jena) 51, 37-49 (1974)
- NEGUS, V.E.
The function of mucus.
Acta Oto-laryng. 56, 204-214 (1963)
- NEISH, G.A.
Observations on saprolegniasis of adult sockeye salmon.
J. Fish Biol. (1977)
- NELSON, R.A. Jr. und I. GIGLI
Initial studies on the phylogeny of complement system.
J. Immunology 101, 815-816 (1968)
- NICOLL, C.S., S.W. WILSON, R. NISHIOKA und H.A. BERN
Blood and pituitary prolactin levels in *Tilapia* (*Sarotherdon mossambicus*; Teleostei) from different salinities as measured by homologous radioimmunoassay.
Gen. Comp. Endocrin. 44, 365-373 (1981)

NIGRELLI, R.F.

On the effects of fish mucus on *Epibdella melleni*, a monogenetic trematode of marine fishes.
J. Parasitology 21, 438 (1935)

NIGRELLI, R.F.

Further studies on the susceptibility and acquired immunity of marine fishes to *Epibdella mellini*, a monogenic trematode.
Zoologica N.Y. 22, 185 (1937)

NIKINMMA, M., A. TUURAL und A. SOIVIO

Thermoacclimatory changes in blood oxygen binding properties and gill secondary lamellar structure of *Salmo gairdneri*.
J. Comp. Physiol. 140, 255-260 (1980)

NOAKES, D.L.

Parental behavior and some histological features of scales in *Cichlasoma citrinellum* (Pisces, Cichlidae).
Am. Zool. 8, 691 (1968)

NOAKES, D.L.

Parental behavior and some histological features of scales in *Cichlasoma citrinellum* (Pisces, Cichlidae).
Can. J. Zool. 51, 619-622 (1972)

NOEEL-LAMBOT, F., J.M. BOUQUEGNEAU und A. DISTEACHE

Some mechanisms promoting or limiting bioaccumulation in marine organisms.
Coun. Meet. ICES. E. 39, p. 25 (1980)

NONNOTTE, G., L. NONNOTTE und R. KIRSCH

Chloride cells and chloride exchange in the skin of a sea-water teleost, the Shanny (*Blennius pholis* L.).
Cell Tiss. Res. 199, 387-396 (1979)

OGAWA, M.

Chloride cells in Japanese common eel, *Anguilla japonica*.
Science Reports of the Saitama University 4, 131-137 (1962)

OGAWA, M.

Effects of prolactin on the epidermal mucus cells of goldfish, *Carassius auratus* L.
Can. J. Biol. 48, 501-503 (1970)

OGAWA, M. und P.H. JOHANSEN

A note on the effects of hypophysectomy on the mucus cells of the goldfish, *Carassius auratus* L.
Can. J. Zool. 45, 885-886 (1967)

OGAWA, M., M. YAGASAKI und F. YAMAZKI

The effect of prolactin on water influx in isolated gills of the goldfish, *Carassius auratus* L.
Comp. Biochem. Physiol. 44A, 1177-1183 (1973)

OGURI, M. und Y. OOSHIMA

From fresh-water to sea water.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 72, 1253-1256 (1978)

OJAJ, J. und J.S. MUNSHI DATTA

Histochemical and histophysiological observations on the specialized brachial glands of a fresh water mud-eel *Macrognathus aculeatus* (Bloch) (Mastacembelidae, Pisces).
Mikroskopie 30, 1-16 (1974)

OLIVEREAU, M. und A. LEMOINE

Action de la prolactine chez l'anguille intacte et hypophysectomisée. VII. Effet sur la teneur en acide sialique (N-acetyl-neuraminique) de la peau.
Z. Vergl. Physiol. 73, 44-52 (1971a)

OLIVEREAU, M. und A.M. LEMOINE

Teneur en acide N-acétyl-neuraminique de la peau chez l'anguille après autotransplantation de l'hypophyse.
Z. Vergl. Physiol. 73, 44-52 (1971b)

OLIVEREAU, M. und A. LEMOINE

Effects of external salinity changes on N-acetylneuramic acid (ANAN) content of the skin in eels. Simultaneous modification of hypophyseal prolactin cells.
J. Comp. Physiol. 79, 411-422 (1972)

OLIVEREAU, M. und J. OLIVEREAU

Influence de l'hypophysectomie et d'un traitement prolactin que sur les cellules à mucus de la branchie chez l'anguille.
C.R. Soc. Biol. 165 (7), 2267-2271 (1971a)

OLSON, K.R. und P.O. FROMM

A scanning electron microscopic study of secondary lamellae and chloride cells of rainbow trout (*Salmo gairdneri*).
Z. Zellforsch. 143, 439-449 (1973)

O'ROURKE, F.J.

The presence of blood antigens in fish mucus and its possible parasitological significance.
Nature 189, 943 (1961)

OSBORN, R.H. und T.H. SIMPSON

The effect of stress and food deprivation on the thyroid status of plaice and rainbow trout.

Cons. Berm. Int. Explor. Mer. CM Gear and Behavior
Comm. B9 (1974)

OXNER, M.

Über die Kolbenzellen in der Epidermis der Fische, ihre Form, Verteilung, Entstehung und Bedeutung.

Jena. Ztschr. Naturw., Vol. 40, 138 (1905)

PARKER, R.R., E.C. BLACK und P.A. LARKIN

Fatigue and mortality in troll-caught pacific salmon (*Oncorhynchus*).

J. Fish. Res. Bd. Can. 16, 429-443 (1959)

PARRY, G.

Size and osmoregulation in salmonid fishes.

Nature 181, 1218-1219 (1958)

PARRY, G.

Osmotic and ionic changes in blood and muscle of migrating salmonids.

J. Exp. Biol. 37, 411-427 (1961)

PARRY, G.

Osmotic adaptation in fishes.

Biol. Rev. 41, 392-444 (1966)

PERRIER, C., M. TERRIER und H. PERRIER

A time-course study on the effects of angling stress on cyclic AMP, lactate and glucose plasma levels in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) during a 64 hour recovery period.

Comp. Biochem. Physiol. 60A, 217-219 (1978)

PETENGILL, O. und D. COPELAND

Alkaline phosphatase activity in the chloride cell of *Fundulus heteroclitus* and its relation to osmotic work.

J. Exptl. Zool. 108, 235-241 (1948)

PFEIFFER, W.

Über die Schreckreaktion bei Fischen und über die Herkunft des Schreckstoffes.

Z. Vergl. Physiol. 43, 578-614 (1960)

PFEIFFER, W.

Vergleichende Untersuchungen über die Schreckreaktion und den Schreckstoff der Ostariophysen.

Z. Vergl. Physiol. 47, 111-147 (1963)

PFEIFFER, W.

Die Schreckreaktion der Fische.

Umschau (Frankfurt/Main) 65, 401-405 (1965)

PFEIFFER, W.

The distribution of fright reaction and alarm substance cells in fishes.

Copeia 4, 653-665 (1977)

PHILIPOTT, C.W. und D.E. COPELAND

Fine structure of chloride cells from three species of *Fundulus*.

J. Cell Biol. 18, 389-404 (1966)

PHILLIPS, A.M. Jr., D.L. LIVINGSTON und R.F. DUMAS

Effect of starvation and feeding on the chemical composition of brook trout.

Prog. Fish. Culturist 22, 147-154 (1960)

PICKERING, A.D.

The measurement of unidirectional sodium fluxes in the non-stresses ammocoete river lamprey, *Lampetra flavatilis* L.

Comp. Biochem. Physiol. 44A, 613-623 (1973)

PICKERING, A.D.

The distribution of mucous cells in the epidermis of brown trout *Salmo trutta* (L.) and the char *Salvelinus alpinus* (L.)

J. Fish Biol. 6 (2), 111-118 (1974)

PICKERING, A.

Synthesis of N-acetyl neuraminic acid from (¹⁴C) glucose by the epidermis of the brown trout, *Salmo trutta*.

Comp. Biochem. Physiol. 54b, 325-328 (1976)

PICKERING, A.D.

Seasonal changes in the epidermis of the brown trout, *Salmo trutta* (L.).

J. Fish Biol. 10, 561-566 (1977)

PICKERING, A.D. und P. CHRISTIE

Sexual differences in the incidence and severity of ectoparasite infestation of the brown trout *Salmo trutta* L.

J. Fish Biol. 16, 669-683 (1980)

PICKERING, A.D. und D.J. MACEY

Structure, histochemistry and the effect of handling on the mucus cells of the epidermis of the char, *Salvelinus alpinus* (L.).

J. Fish Biol. 10, 505-512 (1977)

- PICKERING, A.D., T.G. POTTINGER und P. CHRISTIE
Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L. from acute handling stress: a time course study.
J. Fish Biol. 20, 229-244 (1982)
- PICKERING, A.D. und R.H. RICHARDS
Factors influencing the structure, function and biota of the salmonid epidermis.
Proc. Roy. Soc. Edinburgh 79B, 93-104 (1980)
- PICKERING, A.D. und L.G. WILLOUGHBY
Saprolegnia infections of salmonid fish. In: "Microbial Diseases of Fish" (R.J. Roberts, ed.), 271-297, London Academic Press (1982)
- PICKFORD, G.E.
The hypophysectomized male killifish.
Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 14, 5-41 (1953)
- PICKFORD, G.E., P.K.T. PANG und W.H. SAWYER
Prolactin and serum osmolality in hypophysectomized *Fundulus heteroclitus* in fresh water.
Nature 209, 1040 (1966)
- PICKFORD, G.E., P.K.T. PANG, J.G. STANLEY und W.R. FLEMING
Calcium and fresh water survival in the euryhaline cyprinodonts *Fundulus kasae* and *Fundulus heteroclitus*.
Comp. Biochem. Physiol. 18, 503-509 (1966)
- PICKFORD, G.E. und J.G. PHILLIPS
Prolactin, a factor in promoting fresh water survival of hypophysectomized killifish in fresh water.
Science 130, 454-455 (1959)
- PICKFORD, G.E., E.E. ROBERTSON und W.H. SAWYER
Hypophysectomy, replacement therapy and tolerance of euryhaline killifish, *Fundulus heteroclitus*, to hypotonic media.
Gen. Comp. Endocrin. 5, 160-180 (1965)
- PICKFORD, G.E., A.K. SRIVASTAVA, A.M. SLICHER und P.K.T. PANG
The stress response in the abundance of circulating leucocytes in the killifish, *Fundulus heteroclitus*.
J. Exp. Zool. 177, 89-117 (1971)
- PITTS, R.F.
Urinary composition in marine fish.
J. Cell. Physiol. 4, 389-395 (1934)

PLONKA, A.C. und W.H. NEFF

Mucopolysaccharide histochemistry of gill epithelia secretion in brook trout exposed to acid pH.
Proc. Pennsylvania Acad. Sci. 43, 53-55 (1969)

PORCELLI, F. und S. MASSARI

Dati istochimici sulle cellule mucipare cutanee durante lo sviluppo della trota.
Boll. Soc. Ital. Biol. Sper. 45, 1273-1276 (1969)

PORTIER, P. und M. DUVAL

Pression osmotique du sang de l'anguille essayee on vonction des modifications de salinité du milieu extérieur.
C.R. Acad. Sci. (Paris) 175, 1105-1107 (1922)

POTTINGER; T.G., A.D. PICKERING und N. BLACKSTOCK

Ectoparasite induced changes in epidermal mucification of the brown trout, *Salmo trutta* L.
J. Fish Biol. 25, 123-128 (1984)

POTTS, W.T.W. und D.H. EVANS

The effects of hypophysectomy and bovine prolactin on salt fluxes in fresh-water adapted *Fundulus heteroclitus*.
Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.) 131, 362-368 (1966)

PUNCHELLE, E., J.M. ZAHM und R. HAVEZ

Relation des proteines et mucines bronchiques avec les propriétés rhéologiques.
Bull. de Physiopathologie Respiratoire 9, 237-256 (1973)

RAFFY, A.

L'euryhelinite de *Blennius pholis* L.
C.R. Seanc. Soc. Biol. 144, 1649-1650 (1949)

RAMOS, F. und A.C. SMITH

Ketone bodies in fish skin mucus as an indicator of starvation - a preliminary report.
J. Fish Biol. 12, 105-108 (1978a)

RAMOS, F. und A.C. SMITH

The C-reactive protein (CRP) test for the detection of early disease in fish.
Aquaculture 14, 261-266 (1978b)

RANDALL, D.J., G.F. HOLETON und E.D. STEVENS

The exchange of oxygen and carbon dioxide across the gills of rainbow trout.
J. Exp. Biol. 46, 339-348 (1967)

- RANKIN, J.C., I.W. HENDERSON und J.A. BROWN
Osmoregulation and control of kidney function. In: "Control Process in Fish Physiology" (J.C. Rankin, R.J. Pitcher and R.T. Duggan, eds.), New York-Toronto, John Wiley and Sons, pp. 66-88 (1983)
- RASQUIN, P.
Effects of carp pituitary and mammalian ACTH on the endocrine and lymphoid systems of the teleost *Astyanax mexicanus*.
J. Exp. Zool. 117, 317-357 (1951)
- REID, E.W.
The process of secretion in the skin of the common eel.
Phil. Roy. Soc. London 54, 36-41 (1894)
- REID, E.W.
The process of secretion in the skin of the common eel.
Phil. Trans. B. 185, 319-354 (1894)
- RIDGEWAY, G.J., H.O. HODGINS und G.W. KLONTZ
The immune response in teleosts. In: "Phylogeny of Immunity" (R.T. Smith, P.A. Miescher und R.A. Good, eds.), University of Florida Press, Gainesville, pp. 199-207 (1966)
- ROBERTS, R.J., M. BELL und H. YOUNG
Studies on the skin of plaice (*Pleuronectes platessa* L.).
II. The development of the skin.
J. Fish Biol. 5, 103-108 (1973)
- ROBERTS, R.J., W.M. SHEARER, K.G.R. ELSON und A.L.S. MUNRO
Studies on ulcerative dermal necrosis of salmonids.
I. The skin of the normal salmon head.
J. Fish Biol. 2, 223-229 (1970)
- ROBERTS, R.J., H. YOUNG und J.A. MILNE
Studies on the skin of plaice (*Pleuronectes platessa* L.).
I. The structure and ultrastructure of normal skin.
J. Fish Biol. 3, 87-89 (1971)
- ROBERTSON, O.H. und B.C. WEXLER
Histological changes in the organs and tissues of migrating and spawning pacific salmon (genus *Oncorhynchus*).
Endocrin. 66, 222-239 (1960)
- ROGERS, W.A. und J.L. GAINES
Lesions of protozoan diseases in fish. In: "Pathology of fishes" (W.E. Ribelin and G. Migaki, eds.), pp. 117-141. Madison, University of Wisconsin Press (1975)

- ROSEN, M.W. und N.E. CORNFORD
Fluid friction of fish slimes.
Nature 234, 49-51 (1971)
- ROTH, R.R.
Some factors contributing to the development of fungus infection in fresh water fish.
J. Wildl. Dis. 8, 24-28 (1972)
- ROTHMAN, S.
In: "Physiology and Biochemistry of the Skin",
University of Chicago Press, 318-320 (1954)
- SAGLIO, Ph.
Piéageage d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) dans le milieu naturel au moyen d'extraits biologiques d'origines intraspécifique. Mise en évidence de l'attractivité phéromonale du mucus épidermique.
Acta Oecol. (oecol. Appl.) 3, 223-231 (1982)
- SAGLIO, Ph. und J.M. BLANC
Etude en olfactomètre de la réponse comportementale aux L. acides aminés chez le juvenile de carpe, *Cyprinus carpio* L.
Biol. Behav. (1983)
- SAGLIO, Ph. und M.A. LE MARTRET
Communication intraspécifique d'origine phéromonale chez le Carassin doré immature (*Carassius auratus* L.). II. Etude en olfactomètre de l'activité comportementale d'extraits d'origine épidermique.
Biol. Behav. 3, 221-231 (1982)
- SAXENA, M.
Histochemical studies of Mucosubstances in the epidermis of a non-scaly Teleost *Mystus (mystus) vittatus* Bl. (*Pisces-Bagridae*).
Histochem. 72 (19), 155-160 (1981)
- SCHRECK, C.B., R.A. WHALEY, M.L. BASS, O.E. MAUGHAN und M. SOLAZZI
Physiological responses of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to electroshock.
J. Fish. Res. Bd. Can. 33, 76-84 (1976)
- SCHULTE, E.
Untersuchungen an de Regio olfactoria des Aals, *Anguilla anguilla* L. Feinstruktur des Riechepithels.
Z. Zellforsch. 125, 210-228 (1972)

- SCHULTHEISS, H., W. HANKE und J. MAETZ
Hormonal regulation of the skin permeability to water during development and metamorphosis of *Xenopus laevis* Daudin.
Gen. Comp. Endo. 18, 400-404 (1972)
- SCHULTZE, M.
Die kolbenförmigen Gebilde in der Haut von *Petromyzon* und ihr Verhalten im polarisierten Lichte.
Müllers Arch. (Arch.Anat., Phys. und wiss.Med.) (1861)
- SCHWERDTFEGER, W.
Hormonell induzierte Veränderungen der Feinstruktur von Teleosteerepidermis.
Diss. im Fachbereich Biologie der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt am Main (1976)
- SCHWERDTFEGER, W.
The structure of teleost epidermis with special reference to new qualitative and quantitative data from the guppy, *Poecilia reticulata* Peters.
Z. Mikrosk. Anat. Forsch. 92, 193-205 (1978)
- SCHWERDTFEGER, W.K. und J. BREITER-HAHN
Transient occurrence of chloride cells in the abdominal epidermis of the Guppy, *Poecilia reticulata* Peters, adapted to seawater.
Cell Tiss. Res. 191, 463-471 (1978)
- SEYLE, H.
The physiology and pathology of exposure to stress.
Montreal: Acta (1950)
- SHEHADEH, Z.H. und M.S. GORDON
The role of the intestine in salinity adaptation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*.
Comp. Biochem. Physiol. 30, 397-418 (1969)
- SHELTON, G. und D.J. RANDALL
The relationship between heart beat and respiration in teleost fish.
Comp. Biochem. Physiol. 7, 237-250 (1962)
- SIMPSON, T.H.
Endocrine aspects of salmonid culture.
Proc. R. Soc. Edinb. (b) 75, 241-252 (1975/76)
- SINGLEY, J.A. und W. CHAVIN
Cortisol levels of normal goldfish, *Carassius auratus* L. and response to osmotic change.
Am. Zool. 11, 653 (1971)

- SMITH, A.C. und F. RAMOS
Occult hemoglobin in fish skin mucus as an indicator
of early stress.
J. Fish Biol. 9, 537-541 (1976)
- SNIESZKO, S.F.
Remarks on some facets of epizootiology of bacterial
fish diseases.
Devel. Indust. Microbiol. 5, 97-100 (1964)
- SOIVIO, A. und A. OIKARI
Hematological effects of experimental stress on a teleost, *Esox lucius* L.
J. Fish Biol. 8, 397-411 (1976)
- SOIVIO, A., K. NYHOLM und M. HUHTI
Effects of anesthesia with MS 222, neutralised MS 222
and benzocaine on the blood constituents of rainbow
trout, *Salmo gairdneri*.
J. Fish Biol. 10, 91-101 (1977)
- SOLANI, T.G. und M. BENJAMIN
Changes in the mucus cells of the gills, buccal cavity
and epidermis of the nine-spined stickleback *Pungitius* L., induced by transferring the fish to seawater.
J. Fish Biol. 21, 563-575 (1982)
- SPIELER, R.E. und A.H. MEIER
Short-term serum prolactin concentrations in goldfish
(*Carassius auratus*) subjected to serial sampling and
restraint.
J. Fish. Res. Bd. Can. 33, 183-186 (1976)
- SPITZER, R.H.
Hemagglutinins in mucus of Pacific Hagfish *Eptatretus stoutii*.
Comp. Biochem. Physiol. 54b, 409-411 (1976)
- STANLEY, J.G. und J.K. O'CONNELL
Effects of hypophysectomy on plasma electrolytes and
epidermal mucous cells in the mud minnow, *Umbra limi*.
Am. Zool. 10, 298-299 (1970)
- STEVENS, E.D.
Changes in body weight caused by handling and exercise
in fish.
J. Fish. Res. Bd. Can. 29, 202-203 (1972)
- STOKLOSOWA, S.
Sexual dimorphism in the skin of sea trout, *Salmo trutta*.
Copeia 3, 613-614 (1966)

STOKLOSOWA, S.

Further observations on the sexual dimorphism in the skin of *Salmo trutta* in relation to sexual maturity. *Copeia* 2, 332-339 (1970)

STRANGER, R.J. und C.B. SCHRECK

Anesthetic and handling stress on survival and cortisol concentration in yearling chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 35, 345-349 (1978)

STROGANOV, N.S.

Ecological Physiology of Fish (in Russian). *Izd. MGU, Moscow* (1962)

STUART, T.A.

Spawning migration, reproduction and young stages of lock trout (*Salmo trutta* L.). *Freshwat. Salm. Fish. Res. Publ.* 5 (1953)

THREADGOLD, L.T. und A.H. HOUSTON

An electron microscope study of the "chloride-secretory cell" of *Salmo salar* L. with reference to plasma-electrolyte regulation. *Nature (London)* 190, 612 (1961)

THREADGOLD, L.T. und A.H. HOUSTON

An electron microscope study of the "chloride cell" of *Salmo salar* L. *Expl. Cell. Res.* 34, 1-23 (1964)

TOZAWA, T.

Studies on the pearl organ of the goldfish. *Annot. Zool. Jap.* 10, 253-263 (1923)

TOZAWA, T.

Experiments on the development of the nuptial coloration and pearl organ of the Japanese bitterling (*Acheilognathus intermedius*). *Fol. Anat. Jap.* 7, 407-418 (1929)

TREVISAN, P. und A. PEDERZOLI

Differentiation, structure and histochemistry in the epidermis of the minnow *Phoxinus phoxinus* L. (Cyprinidae, Pisces). *Zool. Jb. Anat.* 111, 245-253 (1984)

TRUJILLO-CENOZ, O.

Electron microscope observations on chemo- and mechanoreceptor cells of fishes. *Z. Zellforsch.* 54, 654-676 (1961)

- UEDA, K., T.J. HARA und A. GORBMAN
Comp. Biochem. Physiol. 21, 133-144 (1974)
- UHLICH, H.
Über die Schleimsekretion bei Fischen.
Zool. Jb. 57, 417-456 (1937)
- ULTSCH, G.R. und G. GROS
Mucus as a diffusion barrier to oxygen. Possible role
in O₂ uptake at low pH in carp (*Cyprinus carpio*) gills.
Comp. Biochem. Physiol. 62A, 685-689 (1979)
- UMMINGER, B.L. und D.H. GIST
Effects of thermal acclimation on physiological responses to handling stress, cortisol and aldosterone injections in the goldfish, *Carassius auratus*.
Comp. Biochem. Physiol. 44A, 967-977 (1973)
- USSING; H.H.
Frog skin potential.
J. Gen. Physiol. 43 (Suppl.), 135-147 (1960)
- UTIDA, S., T. HIRANO, H. OIDE, M. ANDO, D.W. JOHNSON und H.A. BERN
The role of the intestine and urinary bladder in teleost osmoregulation.
Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 3, 317-327 (1972)
- VAN OOSTEN, J.
In: "The Physiology of Fishes" (M.E. Brown, ed.).
Academic Press, New York (1957)
- VARANASI, U., P.A. ROBISCH und D.C. MALINS
Structural alterations in fish epidermal mucus production by water borne lead and mercury.
Nature 258, 431-432 (1975)
- VICKERS, J.
A study on the so-called "Chloride secretory" cells of the gills of teleosts.
Quart. J. Micr. Sci. 102, 507-518 (1961)
- VIRABHADRACHARI, V.
Structural changes in the gills, intestine and kidney of *Etroplus maculatus* (Teleostei).
Quart. J. Micr. Sci. 102, 361-369 (1961)
- VON FRISCH, K.
zur Physiologie des Fischeschwarmes.
Naturwissenschaften 26, 601-606 (1938)

WARD, J.A. und G.W. BARLOW

The maturation and regulation of glancing of parents of young orange chromides (*Etoplus maculatus*: Pisces-Cichlidae).

Behavior 29, 1-56 (1967)

WEDEMEYER, G.A.

Stress-induced ascorbic acid depletion and cortisol production in two salmonid fishes.

Comp. Biochem. Physiol. 29, 1247-1251 (1969)

WEDEMEYER, G.A.

Stress of anesthesia with MS 222 and benzocaine in rainbow trout (*Salmo gairdneri*).

J. Fish. Res. Bd. Can. 27, 909-914 (1970)

WEDEMEYER, G.A.

Some physiological consequences of handling stress in the juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and the steelhead salmon (*Salmo gairdneri*).

J. Fish. Res. Bd. Can. 29, 1780-1783 (1972)

WEDEMEYER, G.A.

Physiological response in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to handling and crowding stress in intensive fish culture.

J. Fish. Res. Bd. Can. 33 (12), 2699-2702 (1976)

WEDEMEYER, G. und J. WOOD

Stress as a predisposing factor in fish disease.

U.S. Fish Wildl. Fish. Dis. Leaflet. 38, 8 (1974)

WEINREB, E.L.

Studies on the histology and histopathology of the rainbow trout *Salmo gairdneri* irideus. I. Hematology: under normal and experimental conditions of inflammation.

Zoologica (N.Y.) 43, 145-153 (1958)

WEISSENSTEINER, J.

Untersuchungen zur Beschaffenheit des Hautschleimes der Regenbogenforelle *Salmo gairdneri* Richardson.

Wiener Tierärztl. Monatsschrift. 68 (12), 453 (1981)

WESSLER, E. und I. WERNER

On the chemical composition of some mucous substances of fish.

Acta. Chem. Scand. 11 (7), 1240-1247 (1957)

WEST, E.S., W.R. TODD, H.W. MASON und J.T. VAN BUGGEN

Textbook of Biochemistry, I.V. ed. Macmillian, New York, London (1968)

- WESTFALL, B.A.
Coagulation film anoxia in fishes.
Ecology 26, 283-287 (1945)
- WHILEY, M.L. und B.B. COLLETTE
Breeding tubercles and contact organs in fishes. Their occurrence, structure and significance.
Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 143, 147-216 (1970)
- WHITEAR, M.
Skin surface of bony fish.
J. Zool. London 160, 437-545 (1970)
- WHITEAR, M.
The free nerve endings in fish epidermis.
J. Zool. London 163, 231-236 (1971a)
- WHITEAR, M.
Cell specialization and sensory function in fish epidermis.
J. Zool. London 163, 237-264 (1971b)
- WHITEAR, M. und A.K. MITTAL
Surface secretions of the skin of Blennius (Lipophrys) pholis L.
J. Fish Biol. 25 (3), 317-331 (1984)
- WILKING, N.P. und S. JANCSAR
Temporal variations in the skin of Atlantic salmon Salmo salar L.
J. Fish Biol. 151, 299-307 (1979)
- WILLOUGHBY, L.G.
Saprolegniasis of salmonoid fish in Windermere; a critical analysis.
J. Fish. Dis. 1, 51-67 (1978)
- WITTOUCK, P.J.
Action de la Prolactin sur les Cellules a Mucus Epidermiques chez l'Axolotl Intakt et Hypophysectomise.
Gen. Comp. Endocr. 27, 254-262 (1975)
- WOLD, J.K. und r. SELSET
Glycoproteins in the skin mucus of the char (Salmo alpinus L.).
Comp. Biochem. Physiol. 56b, 215-218 (1977)
- WREDE, W.
Versuch über den Artduft der Elritzen.
Z. Vergl. Physiol. 17, 510-519 (1932)

- YAMADA, K. und M. YOKOTE
Morphochemical analysis of mucosubstances in some epithelial tissues of the eel (*Anguilla japonica*).
Histochem. 43, 161-172 (1975)
- YAMAMOTO, M.
In: "Chemoreception in Fishes". Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 8, 39-59 (Hara, ed.), Toshiaki J. Elsevier Scient. Publ. Co., Amsterdam, Oxford, N.Y. (1982)
- YAMAMOTO, M. und K. UEDA
Comparative morphology of fish olfactory epithelium. I. Salmoniformes.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 43 (10), 1163-1174 (1977)
- YAMUZAKI, F.
Effects of methyltestosterone on the skin and gonades of salmon.
Gen. Comp. Endocr. 3, 741-750 (1972)
- ZELICKSON, A.S.
Ultrastructure of normal and abnormal skin.
Philadelphia: Febinger (1967)
- ZOTOV, A.F.
Vopr. Ikhtiolog., No. 10, 188 (1958)
- ZOTOV, A.F.
Vopr. Ikhtiolog., No. 11, 157 (1958)
- ZUCHELKOWSKI, E.M.
Mucus cells in epidermis of control and acid-stressed brown bullhead catfish (*Ictalurus nebulosus*): A histochemical study.
Anat. Rec. 196, abstract 254 (1980)
- ZUCHELKOWSKI, E.M., C. LANTZ und D. HINTON
Effects of acid stress on epidermal mucus cells of the brown bullhead catfish (*Ictalurus nebulosus*. Le Seur): A morphometric study.
Anat. Rec. 200, 33-39 (1981)

8. ANHANG

Tab. 1A: Lebendmasse (LM und Stickstoffmengen (N) im Hautschleim von 126 Forellen (LM: 55-700 g) (Experimente II, III und IV)

Fall-Nr. LM(g) N(mg)			Fall-Nr. LM(g) N(mg)			
Exp. III	1	128,8	1,3600	46	139,7	2,6000
	2	80,0	1,2900	47	140,9	3,440
	3	84,5	0,9400	48	144,9	1,7600
	4	81,6	1,1920	49	149,9	3,8040
	5	80,6	1,6680	50	151,1	2,8240
	6	100,9	1,2900	51	151,9	2,8520
	7	117,6	1,2480	52	152,2	3,3560
	8	95,4	1,1800	53	156,4	2,1500
	9	124,5	0,9140	54	159,5	2,1800
	10	124,5	0,8160	55	174,7	3,9160
	11	134,6	1,3620	56	181,0	4,4760
	12	151,3	0,8020	57	208,7	3,1000
	13	151,3	2,6360	58	292,6	4,3600
	14	156,0	2,8430	59	296,4	3,2120
	15	420,4	4,9770	60	339,9	4,5280
	16	428,9	9,1910	61	351,4	5,2280
	17	428,9	6,6860	62	356,7	4,3040
	18	432,4	8,9680	63	365,0	3,6880
	19	504,1	7,6940	64	372,7	6,2920
	20	512,0	6,3080	65	372,8	4,3880
	21	594,5	10,1440	66	401,2	7,1320
	22	594,5	5,8740	67	410,6	6,2920
	23	652,0	7,8900	68	473,3	6,7660
	24	667,0	10,7320	69	478,1	9,1200
	25	700,0	5,6360	70	592,2	9,1760
	26	406,2	4,5960	71	615,1	8,2500
	27	456,1	3,4480	72	625,9	7,2700
	28	681,0	7,3960	73	300,5	2,7920
	29	690,5	8,3480	74	339,4	2,6240
	30	270,4	2,7760	75	362,4	5,1700
	31	289,0	2,4820	76	436,4	6,0960
	32	335,6	2,3580	77	467,4	8,0280
	33	335,6	3,3500	78	475,5	6,0400
	34	357,5	2,2450	79	487,9	6,3200
	35	390,1	4,2460	80	455,4	8,0280
	36	295,4	6,2900	81	418,2	5,7320
	37	286,3	4,4140	82	417,3	5,7600
Exp. II	38	55,0	1,1180	83	409,0	6,4200
	39	70,0	1,8720	84	426,1	5,0020
	40	76,0	2,5620	85	352,6	5,6200
	41	85,7	2,5620	86	340,4	4,9200
	42	95,1	3,5800	87	362,2	2,9880
	43	108,4	2,0960	88	275,5	2,6800
	44	121,4	3,2440	89	269,3	4,9200
	45	123,1	2,4320	90	243,1	3,4640

Fortsetzung Tab. 1A:

Fall-Nr.	LM(g)	N(mg)
91	371,0	3,6600
92	451,0	8,2780
93	451,7	5,1700
94	285,7	3,8000
95	273,5	4,3300
96	389,1	7,1300
97	330,8	2,4560
98	353,8	2,7920
99	306,7	5,7600
100	313,2	2,4560
101	286,5	5,3720
Exp. 102	311,1	6,4640
IV 103	439,5	5,540
104	367,4	7,3660
105	363,2	6,4640
106	337,5	6,6880
107	390,3	6,1000
108	305,3	6,7720
109	386,2	5,3440
110	327,0	5,6520
111	364,7	5,5400
112	366,9	8,1440
113	396,5	6,1000
114	371,1	5,6520
115	395,5	8,0320
116	356,9	5,4560
117	387,2	6,1280
118	408,4	8,8440
119	345,1	4,7560
120	342,9	5,7920
121	346,2	3,1320
122	301,6	4,9800
123	306,4	5,2600
124	362,1	6,6040
125	370,5	5,9600
126	324,5	5,8200

Tab. 2A: Lebendmasse (LM) und Stickstoffmengen (N) im Hautschleim von 49 Forellen (LM: 149-556 g) (Experimente V, VI und VII)

Fall-Nr.	LM(g)	N(mg)	Fall-Nr.	LM(g)	N(mg)
Exp. 1	297,2	12,9600	27	281,1	6,7100
V 2	352,1	11,7280	28	320,8	10,2640
3	336,7	12,5400	29	411,4	9,4500
4	302,6	12,8200	30	426,8	10,9040
5	355,9	11,2240	31	383,2	13,2600
6	295,8	10,3280	32	270,0	6,2740
7	293,3	11,7000	Exp. 33	408,2	9,9520
8	272,2	8,1440	VII 34	497,7	13,0340
9	134,6	7,9200	35	423,7	15,9720
10	289,0	14,7520	36	516,1	11,4360
Exp. 11	172,2	5,1440	37	247,9	12,4740
VI 12	185,5	4,0240	38	556,8	14,9920
13	188,7	4,4160	39	301,7	15,7220
14	165,4	4,9480	40	376,9	12,3320
15	163,4	3,0140	41	417,5	15,9440
16	149,0	3,4060	42	307,5	9,5900
17	220,0	3,9940	43	230,5	7,9680
18	215,5	6,7100	44	421,7	16,2520
19	265,8	4,4140	45	466,2	16,3360
20	161,4	6,2620	46	400,2	9,3960
21	153,2	3,1560	47	366,2	12,0000
22	211,2	6,0380	48	263,8	4,7200
23	238,5	10,8820	49	526,5	19,5280
24	189,4	5,5650			
25	213,2	5,7020			
26	232,1	7,6900			

Für die Überlassung des Themas und seiner stets gewährten Unterstützung darf ich mich bei Herrn Professor Dr. J. Gropp mit Ergebenheit bedanken.

Dank schulde ich auch Frau E. Stadler, Herrn O. Bergmeister und Herrn Dr. K. Sternik, die mir bei dieser Arbeit zur Seite gestanden haben.

Im besonderen danke ich Herrn Dr. P. Jaksch.

LEBENS LAUF

Name: Ilse Margot Black

Geburtsdatum: 11.08.1950

Geburtsort: Ft. Benning, Georgia, U.S.A.

Schulbesuch:

1957 Logan Elementary School, Logan, Utah

1958 Thorpe Elementary School, Logan, Utah

Sept. 1959-März 1962 American Dependant School, Verona, Italy

März 1962-Juni 1964 Heidelberg American School, Heidelberg

Sept. - Okt. 1965 Munich American High School, München

Okt. 1965-März 1966 Terra Linda High School, San Rafael, Calif.

März 1966-Aug. 1966 Drew School, San Francisco, Calif.

Sept. 1966-Juli 1968 American School, Chicago, Ill.

23. Juli 1968 High School Diploma

Aug. 1968-Aug. 1969 Dolmetscher Institut, München

Berufstätigkeit:

1972-1975 Versicherungs-Agentur der State Farm Insurance Co. geführt in Stephenville, Tx.

Studium:

Jan. 1976-Jan. 1978 University of Maryland, München

27. Jan. 1978 Associate of Arts Degree von der University of Maryland, München

Mai 1978-Okt. 1978 Studium der Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Nov. 1978-Nov. 1984 Studium der Tiermedizin an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Nov. 1984 Studienabschluß in Tiermedizin, Staatsexamen

